Natural History Museum Library
000328290

1335

21 MAR 1911

Abhandlungen der Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt.

Neue Folge, Heft 63.

Zur Geologie und Hydrologie von Daressalam und Tanga

(Deutsch-Ostafrika).

Von

W. Koert und **F. Tornau.**

Mit 10 Tafeln.

BRITISH MUSEUM
GEOLOGICAL DEPARTMENT

Herausgegeben

von der

Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt.

BERLIN.

Im Vertrieb bei der Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt
Berlin N 4, Invalidenstraße 44.

1910.

Preis 7,50 Mark

Abhandlungen

der

Königlich Preufsischen

Geologischen Landesanstalt.

Neue Folge.

Heft 63.

BRITISH MUSEUM
G D
NATURAL HISTORY

BERLIN.

Im Vertrieb bei der Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt

Berlin N. 4, Invalidenstr. 44.

1910.

Zur Geologie und Hydrologie von Daressalam und Tanga

(Deutsch-Ostafrika).

Von

W. Koert und F. Tornau.

Mit 10 Tafeln.

Herausgegeben

von der

Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt.

BRITISH MUSEUM
G D
NATURAL HISTORY

BERLIN.

Im Vertrieb bei der Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt
Berlin N 4, Invalidenstraße 44.

1910.

Einleitung.

Den Anlaß zur vorliegenden Arbeit gaben die Untersuchungen, die wir nacheinander im Auftrage des Kaiserlichen Gouvernements von Deutsch-Ostafrika für eine Wasserversorgung in Daressalam und Tanga während der Jahre 1902 bis 1905 ausgeführt haben. Der mehr praktischen, auf die Aufsuchung von geeignetem Wasser gerichteten Tätigkeit, die in dem Ansetzen von Bohrungen, in der Untersuchung der Bohrproben und des erschlossenen Wassers usw. bestand, mußten naturgemäß sorgfältige Vorarbeiten zwecks Feststellung der allgemeinen geologischen Verhältnisse vorangehen. Unsere Untersuchungen und Ermittelungen haben nun zu mannigfachen geologischen und hydrologischen Ergebnissen geführt, die zum Teil von allgemeinerem Werte sein dürften. Der Plan der vorliegenden Arbeit wurde von uns bereits 1905 entworfen, konnte aber aus verschiedenen zwingenden Gründen erst jetzt zur Ausführung kommen.

Wir wollen im ersten von uns gemeinsam verfaßten Teile die Geologie und Hydrologie von Daressalam in getrennten Abschnitten behandeln; der zweite Teil beschäftigt sich mit den geologischen und hydrologischen Verhältnissen von Tanga auf Grund von Beobachtungen, die KOERT allein gemacht hat. Da für unsere Zwecke brauchbare Karten von Daressalam und Tanga nicht vorhanden waren, so haben wir dieselben zusammenstellen lassen müssen; als Unterlagen dienten die Seekarten im Maßstabe 1:7500, Stadtpläne in verschiedenen Maßstäben und eine 1902 für uns in Daressalam selbst angefertigte Übersichtsskizze der näheren Umgegend von Daressalam im Maßstabe von ungefähr 1:25000.

Zur Eintragung der auf Kurasini und westlich davon gelegenen Bohrlöcher F bis L stand uns ein genaues Nivellement 1 : 2500 zur Verfügung.

Sämtliche Belegstücke der Arbeit (Gesteine, Fossilien, Bohrproben) sind in der Kolonialsammlung der Geologischen Landesanstalt zu Berlin niedergelegt.

Es ist uns eine angenehme Pflicht, der uns von verschiedenen Seiten bei Anfertigung der Arbeit zuteil gewordenen Unterstützung zu gedenken. Bei der Fossilbestimmung, die nur an der Hand des rezenten Materials im Berliner Museum für Naturkunde möglich war, waren der verstorbene Herr Geheimrat v. Martens, sowie später Herr Custos Dr. Thiele in zuvorkommendster Weise behilflich. Die chemische Untersuchung des Kurasini-Wassers wurde von dem Vorsteher des Laboratoriums der Geologischen Landesanstalt zu Berlin, Herrn Prof. Dr. Gans, die bakteriologische und mikroskopische von der Kgl. Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin in dankenswerter Weise ausgeführt. Das Reichskolonialamt hat uns bereitwilligst Einsichtnahme in die Akten gestattet. Desgleichen hat uns das Kaiserliche Gouvernement zu Daressalam durch Übersendung von Material und einer größeren Wasserprobe unterstützt. Die der Arbeit beigefügten Photographieen verdanken wir zum größten Teile Herrn Professor Dr. Uhlig, drei Aufnahmen stammen vom Photographen Vincenti zu Daressalam. Allen diesen Förderern unserer Arbeit schulden wir aufrichtigen Dank. Endlich gestatten wir uns, für die weitgehende Ausstattung dieser Arbeit mit Plänen und Abbildungen dem Direktor des Geologischen Landesanstalt zu Berlin, Herrn Geheimen Bergrat Professor Dr. Beyschlag unseren verbindlichsten Dank auszusprechen.

Erster Teil.

I. Zur Geologie von Daressalam.

W. Bornhardt hat in seinem bekannten Werke »Zur Oberflächengestaltung und Geologie Deutsch-Ostafrikas« 1900 zuerst die Geologie des Daressalamer Bodens in ihren Grundzügen dargelegt (S. 198 ff.). Er glaubte in stratigraphischer Hinsicht dort seine »jungen Deckschichten« und »Mikindanischichten« wieder zu erkennen und nahm an, daß den ersteren an der Küste noch junge Korallenkalke eingelagert seien.

W. Wolff, dem eine Reihe von Proben aus einer 162 m tiefen Bohrung in Daressalam zur Untersuchung vorlag, stellte zum Teil in Anlehnung an Bornhardt's Gliederung folgendes geologische Profil auf[1]):

1. Horizont des gelben Sandes = junge Deckschichten Bornhardt's,
2. Horizont des weißen Sandes } ? Mikindanischichten
3. Horizont des sandigen Tons } Bornhardt's,
4. Obere marine Schichtengruppe,
5. Brackische Gruppe (Cerithienmergel),
6. Holzführende Tonschicht,
7. Untere marine Gruppe.

Ungefähr gleichzeitig mit dem Wolff'schen Aufsatz erschien von E. Werth eine Veröffentlichung, die sich sehr eingehend mit der Stratigraphie des Daressalamer Bodens auf Grund eigener Beobachtungen befaßte[2]). Werth unterschied:

---

[1]) Fauna aus einer Tiefbohrung in jungen Küstenbildungen zu Dar-es-Salam. Jahrb. der Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt f. 1900, S. 148.

[2]) Zur Kenntnis der jüngeren Ablagerungen im tropischen Ost-Afrika. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1901, S. 286.

1. Jüngste (auch Obere) Riffkalke und Terrassensande,
2. Ältere Kalke (Unteren Riffkalk) und Mikindanischichten.

Unsere Untersuchungen erstreckten sich auf die beiden von WERTH unterschiedenen Stufen, welche den WOLFFschen Horizonten 1 bis 4 entsprechen. Durch das Studium der natürlichen Aufschlüsse in diesen Schichten und auf Grund der Ergebnisse zahlreicher Flachbohrungen, welche 1902 bis 1905 niedergebracht worden sind, gelangten wir zu Resultaten, die das geologische Bild des Daressalamer Bodens in manchen Punkten ergänzen und berichtigen dürften.

Wir beginnen unsere Untersuchung an den Vorposten des Festlandes, jenen zum Teil höchst wunderlich gestalteten Inseln und Klippen, welche im Abstande von 4,5 bis 5 km die Daressalamer Küste begleiten. Die größte von ihnen, die auf der Seekarte als Außen-Makatumbe bezeichnet ist und den Daressalamer Leuchtturm trägt, ragt bis 12 m über Niedrigwasser auf. Diese Inseln und Klippen, deren Felsufer nur bei Niedrigwasser zugänglich sind, werden sämtlich aus einem harten, krystallinen Kalk gebildet, der sich bei näherer Prüfung namentlich seiner angewitterten Oberfläche als ein echter Korallenkalk erweist. Von Mollusken werden in ihm gelegentlich die massiven Schalen der mit Riffkorallen gern vergesellschafteten *Tridacna* sichtbar. Wir wollen diesen Riffkalk zur Unterscheidung von dem noch gegenwärtig im dortigen Ozean sich bildenden kurz den »älteren Riffkalk« nennen. In ihn nagt sich die Brandung hinein und schafft eine Abrasionsterrasse, auf welcher es zu namhafter Sedimentbildung kaum irgendwo gekommen ist, auf der man vielmehr unter einer dünnen Kalksanddecke oder einer Kalkalgenkruste stets wieder den älteren Riffkalk antrifft. Die der Abrasionsterrasse aufsitzenden Inseln und Klippen sind demnach als Reste dieses älteren Riffkalks aufzufassen, welche bis jetzt der Abrasion getrotzt haben, aber über kurz oder lang ihr auch zum Opfer fallen müssen. In welchem Maße der ältere Riffkalk trotz seiner anscheinend großen Härte von der Brandung mitgenommen wird, lehrt ein Blick auf die tiefen Brandungskehlen, welche alle

diese Inseln ringsum aufweisen, und die ein starkes Abbrechen der unterwaschenen Klippen zur Folge haben müssen. Eine solche überhängende Felsennase stellt die Taf. 4 dar, außerdem tritt auf diesem Bilde noch sehr deutlich die ätzende Wirkung des Seewassers in der zackigen und zerfressenen Beschaffenheit der Oberfläche hervor. Einige sonderbar gestaltete Abrasionsreste geben die Fig. 1 und 2 auf Taf. 5 wieder, erstere auf der linken Seite ein mit Busch bedecktes Inselchen, welches in der Gestalt an einen Korb erinnert. Stellenweise, so z. B. an der Ostseite der Leuchtturminsel, stößt man auch auf die Produkte dieser intensiven Abrasionstätigkeit in Gestalt von groben Kalkkonglomeraten mit zahlreichen Trümmern der großen Riffmollusken *Cypraea*, *Cassis*, *Pteroceras*, *Tritonium*, *Tridacna* usw. Diese Strandkonglomerate, welche bis zur Hochwasserlinie hinaufreichen, sind bereits zu einem festen Gestein verkittet und werden von dem brandenden Wasser zum Teil schon wieder stark korrodiert, wie das die Abbildung 2 auf Taf. 6 zeigt. Allen diesen Inseln fehlt, abgesehen von einer der Terra rossa sehr ähnlichen dünnen Decke von rotem Ton oder Lehm, jede andere Gesteinsbedeckung völlig, und auch dieses Gebilde kann nur als das Eluvialprodukt des Riffkalks aufgefaßt werden, denn tatsächlich erhält man beim Auflösen dieses Kalks in Salzsäure einen geringen Rückstand von Quarzkörnchen und Tonflocken. Der Verwitterungsvorgang dürfte sich unseres Erachtens ähnlich abgespielt haben wie die Umwandlung des Geschiebemergels in Geschiebelehm.

Auf dem Festlande bieten die verschiedenen von den Arabern als »Ras« bezeichneten Vorsprünge in ihren Steilufern die schönsten, durch die nagende Brandung stets wieder aufgefrischten Aufschlüsse dar. Am nördlichsten Vorsprung, dem Ras Upanga (Taf. 1), erkennen wir in der unteren Hälfte des Steilufers den älteren Riffkalk wieder, aber er erscheint bereits bedeckt von einem Knollenkalk mit lehmigem Bindemittel und der durch Verwitterung aus diesem hervorgegangenen Rotlehmdecke. Besonders reich ist dieser Knollenkalk an Austernschalen, am häufigsten ist *Ostrea hyotis* L., dann folgen in der Häufigkeit *Ostrea denticulata* Born. und *Ostrea cucullata* Born. Ferner kommen vor:

Pecten plicatus Chemn.,
» *porphyreus* Chemn.,
Arca scapha Chemn.,
Limopsis multistriata Forsk.,
Circe corrugata Chemn.

Eine alluviale, nach der See zu durch einen Dünensandstreifen begrenzte Niederung trennt das Ras Upanga von dem nach Süden zu folgenden Ras Tshokir und verhüllt die älteren Schichten. Dagegen treffen wir im Schorregebiet, also dem nur bei Niedrigwasser freigelegten Strandteile, zwischen den beiden genannten Vorsprüngen die abradierten Platten des älteren Riffkalks an; hier und da liegen schon auf der Abrasionsfläche des älteren Riffkalks zu festem Gestein verkittete Kalkkonglomerate rezenter Entstehung. Die nach einer Photographie des Herrn Vincenti in Daressalam hergestellte Tafel 7 zeigt diese Abrasionsfläche des älteren Riffkalks sehr deutlich, auf demselben Bilde erblickt man auch schon den nächsten Aufschluß im Steilufer unterhalb einer einzelnen Dumpalme. Diesen Aufschluß gibt die aus größerer Nähe aufgenommene Abbildung auf Taf. 8 noch deutlicher wieder. Wie ein Gesims springt hier bis zu etwa 1,5 m Höhe vom Fuße der Klippe der ältere Riffkalk vor, der durch reichliche Sandaufnahme in seiner obersten Partie zu einem horizontal geschichteten und kleine Bivalven, wie *Venus costellifera* Ad. u. Reeve, in Menge führenden Kalksandstein übergeht. Auf seine etwas unebene Oberfläche legt sich, oft in Taschen eingreifend, in der Hauptsache ein sandiger, grauer rostfleckiger und fossilleerer Lehm in einer Mächtigkeit von etwa 2,5 m und als Abschluß nach oben eine 0,5 m starke, humos-sandige Kulturschicht mit allerhand Schalen mariner Mollusken und der Landschnecke *Achatina*. Der Lehm ist sehr schön an den Leisten und Rippen kenntlich, welche das Regenwasser aus ihm herausmodelliert hat. Von einer dem marinen, sandigen Knollenkalke des Ras Upanga ähnlichen Schicht sind nur Spuren in Taschen des älteren Riffkalks zu entdecken, so daß es durchaus den Anschein hat, als vertrete der sandige, fossilfreie Lehm jene marinen Schichten,

denn man wird kaum annehmen dürfen, daß der ganze 2,5 m mächtige Lehm etwa eluvial aus einem sandig-tonigen Kalke entstanden sei, ohne daß auch nur Reste von Molluskenschalen zurückgeblieben sind. An anderen Stellen bei Daressalam wenigstens haben wir solche Reste noch gelegentlich in Eluviallehmen, die aus sandigen Kalken hervorgegangen sind, beobachtet. Hat man aber in dem Lehm ein ursprüngliches Sediment vor sich, so muß dies mit großer Wahrscheinlichkeit als fluviatile Bildung gelten, ein Punkt, auf den wir noch weiter unten zurückkommen werden. Nur etwa 40 m von der einsamen Dumpalme weiter nach Südosten ist bereits fossilreicher, mürber, sandiger Kalk in den Taschen des älteren Riffkalks sichtbar; dieser sandige Kalk entspricht also durchaus dem Knollenkalk vom Ras Upanga. An dem Ras Tshokir im engeren Sinne genannten Klippenvorsprung haben wir auf 1,5—2 m Höhe vom Fuße an den älteren festen, nach oben in einen horizontal geschichteten Kalksandstein übergehenden Riffkalk, dessen Oberfläche durch zahlreiche, bis 1,5 m tiefe und 0,5—1 m weite Taschen einen sehr unregelmäßigen Verlauf zeigt. In die Taschen legt sich in einer Mächtigkeit von 0,5 bis 2 m der fossilreiche, mürbe Sandkalk mit bis bohnengroßen Quarzgeröllen, und darüber folgt 1—2 m sandiger Lehm, der nahe der Oberfläche infolge der tropischen Verwitterung zu Rotlehm umgewandelt ist.

Am Ras Tshokir können wir klar erkennen, daß der Riffkalk durch zunehmenden Sandgehalt in seinen obersten Partieen allmählich in die im Hangenden folgenden Sandkalke übergeht; letztere beginnen also nicht mit einer Konglomeratlage, wie es doch sicher der Fall sein müßte, wenn WERTH's Annahme richtig wäre, wonach die oberen Kalkschichten auf einer Abrasionsterrasse des älteren Riffkalks abgesetzt wären[1]). Weder hier noch in anderen Profilen war von irgend einer Diskordanz, wie WERTH sie zwischen beiden Schichten noch neuerdings behauptet hat[2]), etwas zu sehen. Die oben erwähnten Taschen im älteren Riff-

[1]) a. a. O. S. 296.

[2]) Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1909, Monatsber. S. 156,

kalk sind lediglich Unebenheiten, die auf Riffen ganz gewöhnlich anzutreffen sind.

Erwähnt sei noch, daß der ehemalige Lazaretinspektor HERBSLEB bei Erdarbeiten auf dem alten arabischen Begräbnisplatze am Ras Tshokir ein Nest mit zahlreichen kleinen Kopalstücken entdeckt hat.

Die Taschen im älteren Riffkalk beherbergen am Ras Tshokir einen großen Reichtum an Fossilien, welche sich in Schalenexemplaren und oft noch mit Spuren der Farbenzeichnung aus dem mürben, sandigen Kalk herauslösen lassen. Die folgende Fossilliste macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie dürfte aber genügen, um einen Begriff von dem Faunencharakter zu geben; diejenigen Arten, welche sich auch in der gleich zu erwähnenden Grube bei der Landwirtschaftsschule gefunden haben, sind durch ein + Zeichen kenntlich gemacht.

\+ *Pecten plicatus* CHEMN.
\+ *Arca scapha* CHEMN.
» *uropygmelana* BORY
\+ » *vellicata* REEVE
\+ *Pectunculus lividus* REEVE
\+ *P. angulatus* LAM.
\+ *Limopsis multistriata* FORSK.
\+ *Chama pellis phocae* REEVE
Lucina globosa FORSK.
\+ » *clausa* PHIL.
» *tigerina* L.
\+ » *ornata* REEVE
» *interrupta* LAM.
Cardium rugosum LAM.
\+ » *oxygonum* SOW.
» *elongatum* BRUG.
\+ » *coronatum* SPENGL.
» *pulchrum* REEVE
\+ *Hemicardium hystrix* REEVE
Cypricardia rostrata LAM.

+ *Circe corrugata* Chemn.
+ » *scripta* L.
+ » *adunca* Roem.
+ » *discors* Spengl.
Sunetta vaginalis Menke
+ *Venus costellifera* Ad. & Reeve
» *Listeri* Gray
» *Lamarckii* Gray
+ » *foliacea* Phil.
Clementia papyracea Gray
Dosinia orbiculata Dkr.
+ *Cytherea semisulcata* Sow.
+ *Tapes textrix* Chemn.
Donax faba Chemn.
» *Dohrnianus* Jick.
+ *Tellina robusta* Hanl.
» *adenensis* E. Smith.
+ » *pulcherrima* Sow.
+ » *inflata* Chemn.
+ » *truncata* Jonas
» *gargadia* L.
+ *Solecurtus abbreviatus* Gould.
Psammobia occidens Chemn.
+ *Mactra adspersa* Dkr.
Dentalium octogonum Lam.
+ *Solarium perspectivum* L.
+ *Natica lurida* Phil.
+ *N. mammilla* L.
+ *Sigaretus papilla* Chemn.
Turritella trisulcata Lam.
+ *Pyramidella sulcata* A. Ad.
+ *Cerithium fenestratum* Sow.
» *subula* Lam.
Strombus labiosus Wood.
Str. Swainsoni Reeve

Str. floridus LAM.
» *gibberulus* L.
\+ » *Mauritianus* LAM.
» *auris Dianae* L.
\+ *Terebellum subulatum* LAM.
\+ *Cypraea helvola* L.
Dolium fasciatum BRUG., Jugendform
Tritonium rubecula L.
» *moniliferum* AD. & REEVE
\+ *Columbella flavida* LAM.
Pisania proteus REEVE
\+ *Nassa crenulata* BRUG.
» *albescens* DKR.
» *echinata* A. AD.
\+ » *coronata* BRUG.
\+ » *elegans* KIEN.
Purpura mancinella L.
Murex brevispina LAM.
» *rubescens* BROD.
\+ *Fusus colus* LAM.
» *polygonus* LAM.
\+ *Semifusus citrinus* LAM.
\+ *Mitra scabriuscula* L.
\+ » *flammigera* REEVE
\+ *Oliva inflata* LAM.
\+ *Ancillaria fulva* SWAINS.
\+ » *sulcata* THIELE[1])
\+ *Terebra Bernardii* DESH.
\+ *Pleurotoma Garnonsii* REEVE
Conus tesselatus HWASS.

---

[1]) Die zierliche fossile, zur Untergattung *Chiloptygma* gehörende Art stimmt völlig überein mit einer rezenten Form, welche die Valdivia-Expedition an der deutsch-ostafrikanischen Küste (Station 244) gedredscht hat, und die Herr Dr. THIELE als *A. sulcata* n. sp. in dem Werke: »Wissenschaftliche Ergebnisse der deutschen Tiefsee-Expedition auf dem Dampfer Valdivia« demnächst beschreiben wird.

Conus Janus Hwass.
» *distans* Hwass.
+ *Bulla naucum* L.
+ *B. cylindrica* Chemn.

Zwischen dem Ras Tshokir und dem Westfährhuk fehlen, wenigstens am Strande, weitere Aufschlüsse, da die flache Küste nur Dünensandwellen zeigt, und gewisse grobe, feste Kalksandsteine des Strandes eine rezente Bildung darstellen. Die in dem Dünensande häufigen Schalen von *Arca*, *Natica mammilla*, *Murex inflatus*, *Fasciolaria* und anderen mehr sind unzweifelhaft Küchenreste. Etwas weiter landeinwärts dagegen dürften die Schichten des Ras Tshokir in einer unbedeutenden Stufe fortsetzen, auf der u. a. das Gebäude der Kulturabteilung steht; zwischen dem Hause 5 und der Gouverneursvilla, etwa 200 m vom Strande entfernt, ließ eine kleine Grube die auf diesem Rücken zur Gewinnung von Wegebaumaterial 1902 angelegt war, den sandigen, marinen Knollenkalk unter 0,7 m Rotlehm erkennen. Ferner wurde etwa 600 m westsüdwestlich vom Ras Tshokir in einer ähnlichen Grube an der Landwirtschaftsschule derselbe sandige, mürbe Kalk erschlossen. Hier konnte eine Fülle von schön erhaltenen Fossilien gesammelt werden, von denen die folgenden in der Liste vom Ras Tshokir noch nicht aufgeführt sind:

Ostrea hyotis L.
O. crista galli L.
O. denticulata Born.
Perna ephippium L.
Arca navicularis Brug.
A. decussata Sow.
Lucina ovum Reeve
L. pisum Reeve
Cardium biradiatum Brug.
C. assimile Reeve
C. pseudolima Lam.
Hemicardium subretusum Sow
Circe sulcata Gray

Venus arakana Nevill
Dosinia histrio Gm.
Tapes malabaricus Chemn.
Lutraria complanata Lam.
Psammobia Reevei v. Mart.
Natica cinnamomea Menke
Sigaretus Delesserti Recl.
Dolium costatum Desh., Jugendform
Tritonium lampas L.
Tritonium tuberosum Lam.
Terebra straminea Gray
Conus aculeiformis Reeve

In dem spitzen Vorsprunge des Westfährhuks erwartet man vergebens Aufschlüsse in ähnlichen Schichten; nur rezente Kalksandsteine, die nach der See zu einfallen, stehen dort wie am gegenüberliegenden Ostfährhuk an. Das am Westfährhuk beginnende Hafenufer der Stadt gestattet weiterhin zwar keine Beobachtungen mehr, aber durch zahlreiche Bohrungen, welche 1901 zu Zwecken des Hafenausbaus gestoßen wurden, und deren Proben Koert noch durchsehen konnte, sind wir über seine geologische Beschaffenheit hinreichend unterrichtet. Doch ehe wir hierauf näher eingehen, müssen wir die Aufschlüsse am Steilufer jenseits der Hafeneinfahrt, nach dem Ras Rongoni zu, einer Betrachtung unterziehen.

Am Ostfährhuk beobachten wir wieder die älteren Schichten und haben auf der Nordseite folgendes Profil von oben an:

0,5 m humos-sandige Kulturschicht mit Schalen von marinen Mollusken (Küchenresten!) und von der Landschnecke *Achatina*,
0,8 » feine, gelbe Sande,
etwa 2 m sandiger Knollenkalk mit marinen Fossilien.

Dieser marine Knollenkalk, welcher ohne Zweifel gleichfalls dem Sandkalke am Ras Tshokir entspricht, geht bei etwa 50 m Abstand östlich vom Flaggenmast des Ostfährhuks in einen Sand mit Kalkknollen und marinen Fossilien über und nur 20 m weiter in einen sehr sandigen, grünlichgrauen, rostfleckigen Lehm, den

hier etwa 3 m Sande bedecken. Der Lehm hält noch weiterhin aus und kann, da an seiner Oberkante Wasser austritt, an dem üppigen Graswuchs noch eine Strecke weit verfolgt werden. Es ist dies wohl das von WERTH (S. 288) vom Ostfährhuk erwähnte Profil. Wenn aber WERTH den Lehm mit den »älteren Kalken«, also dem älteren Riffkalk vom Ras Rongoni, parallelisiert, so können wir ihm hierin nicht zustimmen. Wie aus der nachfolgenden Darstellung hervorgehen wird, kann der Lehm nur mit den kreidig-sandigen Kalken, WERTHS »jüngsten Riffkalken«, gleichgesetzt werden. Auf unserer Wanderung längs des Steilufers zum Ras Rongoni nämlich sehen wir bald in dem erwähnten Lehm sich sandige Knauer- oder Knollenkalke einstellen, die augenscheinlich nur durch Konkretion in dem Lehm entstanden sind und ihre marine Herkunft durch Austern- und Korallenreste hinlänglich bekunden. Für derartige Kalke schlug KOERT früher (Naturw. Wochenschrift 1904, S. 486) die indische Bezeichnung Kunkur vor, doch möchte er hiervon wieder abgehen, da es scheint, daß diese Bezeichnung von den indischen Geologen nur für gewisse, übrigens in den Tropen sehr verbreitete Kalkkonkretionen terrestren Ursprunges angewendet wird, während die hier vorliegenden sicher marin sind. Die Abb. 1 auf Taf. 9 gibt in dem etwa 5 m hohen Uferprofil unmittelbar nordöstlich des »weißen Pfeilers« der Seekarte die Knollenkalke wieder. Man erkennt deutlich, wie tiefe Abrasionsgrotten in dem mit Kalkknauern erfüllten Lehm von der Brandung ausgewaschen werden, und wie dadurch das Steilufer stets wieder zum Abbrechen gebracht wird. Außerdem illustriert dieses Bild sehr gut die Bildung des eluvialen Rotlehms aus der Verwitterung des sandig-tonigen Knollenkalks; bemerkenswert ist, wie der durch die Löcher der Uferschwalben leicht kenntliche Rotlehm gelegentlich tief in den Untergrund eingreift, und oft erhebliche Zapfen des unverwitterten Gesteins zwischen seinen Taschen stehen läßt, also ganz ähnliche Erscheinungen darbietet, wie andere weitverbreitete eluviale Gebilde (»geologische Orgeln«, Verwitterungsrinde des Geschiebemergels, Ortstein). An Fossilien konnten in diesen Schichten aufgefunden werden:

Pecten pallium L.,
P. porphyreus CHEMN.,
P. plicatus CHEMN.,
Plicatula ramosa LAM.,
Ostrea denticulata BORN.,
Arca scapha CHEMN.,
Lucina clausa PHIL.,
Circe adunca ROEM.,
Turritella trisulcata LAM.,
Semifusus citrinus LAM.,
Oliva inflata LAM.,
Bulla cylindrica CHEMN.

Etwa 350 m in Luftlinie vom »weißen Pfeiler« nach Nordost taucht unter diesen sandigen Knollenkalken zum ersten Male wieder der ältere Riffkalk hervor, und er ist bis über das Ras Rongoni hinaus vorhanden, wobei er sich allmählich mit seiner Oberkante bis zur Hochwasserlinie (an der Bake beim genannten Kap) heraushebt. An seiner oberen Grenze tritt ein sich bald auskeilendes, hartes, sandiges Kalkgestein auf (wohl ident mit WERTH's »umgeändertem Korallensandstein«, S. 288), also eine ähnliche Bildung, wie sie bereits am Ras Tshokir zu beobachten war. Den oberen Profilabschluß bilden wieder sandige Knollenkalke mit der eluvialen Rotlehmdecke. Beiläufig sei noch erwähnt, daß am Ras Rongoni im Abrasionsgebiet der ältere Riffkalk stellenweise bereits bedeckt wird durch rezente, horizontal gelagerte Kalkkonglomerate und grobe Kalksandsteine. Als das Hauptergebnis unserer Wanderung vom Ostfährhuk zum Ras Rongoni können wir also die Tatsache hinstellen, daß der ältere Riffkalk anfangs in den Aufschlüssen fehlt, dann aber deutlich in der Niedrigwasserlinie auftaucht, um am letztgenannten Punkte bis zur Hochwasserlinie anzusteigen, daß er also mit andern Worten nach Südwesten zu sich senkt. Dagegen machen die oberen marinen Sand- und Knollenkalke dieses Untertauchen nach Südwesten offenbar nicht mit, sondern sie erscheinen in den Steiluferprofilen nach Westen zu nur immer mehr ersetzt durch Lehme. Das beobachten wir z. B. beim Weiterwandern vom Ostfährhuk über das Ras Makabe hinaus.

Der Knollenkalk vom Ostfährhuk geht zunächst in einen lehmigen Sand mit Schalresten und Korallentrümmern über, dann folgt in derselben Höhe auf der Nordseite des Ras Makabe ein grauer, sandiger Lehm mit einer Rotlehmdecke, und nochmals stellt sich an der Spitze des Ras Makabe auf etwa 2 m Höhe des Steilufers eine offenbar zungenförmige Partie des mürben Sandkalkes ein mit Fossilien wie:

Pecten plicatus Chemn.,
Limopsis multistriata Forsk.,
Venus foliacea Phil.,
Natica mammilla L.

Unbedeutende Reste eines grobsandigen Lehms, die in Taschen des Sandkalkes liegen, wird man wohl als Eluvialprodukte aus dem Sandkalk zu deuten haben, denn über ihnen befinden sich zwei bis drei Meter durchlässige Sande, so daß man an eine derartige Verlehmung jener Sandkalke durch die Tagewässer wohl denken kann. Schließlich verschwindet auf der Westseite des Kaps der Kalk sehr schnell, und es besteht hier das ganze Steilufer aus grobsandigem Lehm und hierüber lagernden »Terrassensanden«. Auch diesen Lehm hat Werth irrigerweise mit dem älteren Riffkalk vom Ras Rongoni parallelisiert, während er doch nach Lage der Dinge nur mit dem Sandkalke gleichgesetzt werden kann.

An die Schilderung der Tagesaufschlüsse des älteren Riffkalks und der sandigen Knollenkalke schließen wir wohl am zweckmäßigsten die Erörterungen über den Fossilinhalt, das geologische Alter und die mutmaßliche Bildungsweise der Schichten an. Den Ausführungen Werths (a. a. O. S. 289) über den »unteren« = unserem älteren Riffkalk haben wir nichts hinzuzufügen. Dagegen müssen wir uns mit den sandigen, zum Teil knolligen Kalken näher beschäftigen. Wenn Werth meint, daß diese Schichten, die er als »oberen Riffkalk« bezeichnet, zwar sehr reich an Versteinerungen seien, welche aber größtenteils schlecht erhalten wären, so trifft das in dieser Allgemeinheit nicht zu, sondern man muß annehmen, daß der Autor seine Beobachtungen an besonders ungünstigen Stellen gemacht hat, vielleicht am Ras Makabe oder am Ras Rongoni. Jedenfalls konnten wir bereits oben am Ras

Tshokir und aus der Grube an der Landwirtschaftsschule den Reichtum an prachtvoll erhaltenen Fossilien in diesen Schichten hervorheben. Von beiden Stellen liegen uns über 100 gut erhaltene Molluskenspezies vor, und diese reiche Fauna dürfte gegenüber den 8 von WERTH (S. 290) aus diesen Schichten angeführten, näher bestimmten Molluskenarten eher zu einigen Schlüssen über die Bildungsweise der ganzen Ablagerung berechtigen. Die zahlreichen Arten der Bivalvengattungen *Tellina*, *Venus*, *Tapes*, *Cytherea*, *Dosinia*, *Mactra*, *Psammobia*, *Donax*, *Solecurtus*, *Cypricardia*, *Circe*, *Cardium*, *Lucina*, *Limopsis*, *Clementia* stellen doch eine in weichen Bodenarten, also Sand und Schlamm, lebende Molluskenfauna dar, nicht aber die Fauna eines harten Felsgrundes, die man erwarten müßte, wenn WERTHs Deutung dieser Kalke als Riffkalke (S. 289) richtig wäre. Gewiß treten auch vereinzelt Korallen in diesen Schichten auf, aber nur untergeordnet und durchaus nicht gesteinsbildend wie im älteren Riffkalk. Auch die erhebliche Beteiligung des Quarzsandes und Kieses an der Zusammensetzung dieser Schichten spricht schon gegen die Riffkalknatur, denn die älteren Riffkalke z. B. enthalten, wie man beim Auflösen in Salzsäure sehen kann, nur einen unbedeutenden Rückstand von Quarzkörnchen und Tonflocken. Den Erklärungsversuchen, welche WERTH in einem Aufsatze: »Lebende und jungfossile Korallenriffe in Ost-Afrika«[1]) für die doch immerhin etwas ungewöhnliche Beschaffenheit seines jüngsten Riffkalks gibt, ist Folgendes entgegenzuhalten: Nie und nimmer geht durch Auflösung und Wiederabscheidung von Kalk aus unseren Sand- oder Knollenkalken ein echter Riffkalk hervor, denn schon ein Blick auf den rezenten Riffkalk, wie er in Daressalam zum Kalkbrennen massenhaft verbraucht wird, lehrt, daß dieser trotz seines geringen Alters bereits die größte Ähnlichkeit im Gestein mit dem älteren Riffkalk zeigt, während doch nach WERTH der Prozeß der Gesteinsbildung bei dem »jüngst aufgetauchten Riff«, also den viel älteren Sandkalken, noch lange nicht vollendet sein soll. An anderer Stelle

[1]) Zeitschrift der Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, Bd. XXXVI, 1901, S. 127.

(Naturw. Wochenschr. 1904, S. 484—486) hat KOERT bereits einen Erklärungsversuch gegeben, der den Tatsachen besser gerecht zu werden sucht. Hier wollen wir nur hervorheben, daß die kreideartigen Sandkalke bezw. die sandigen Knollenkalke sich höchstwahrscheinlich in der Randlagune zwischen dem Saumriff und dem Festlande gebildet haben. Auf solche Weise erklärt sich einmal die reichliche Beimengung von festländischem Gesteinsmaterial, dann die eingeschlossene Sand- und Schlammfauna, die Knauer- und Knollenbildung, und endlich erscheint auch das Auftreten von einzelnen Korallen dabei durchaus nicht ausgeschlossen.

Der größte Teil der Molluskenfauna stimmt mit der des heutigen indischen Ozeans überein, andere noch nicht näher bestimmte Arten weichen allerdings dem Anscheine nach von ähnlichen lebenden Formen in gewissen Merkmalen ab, doch lassen sich Schlüsse hierauf vorläufig noch nicht gründen, weil es an hinreichendem rezentem Vergleichsmaterial mangelt. Ausgestorbene Arten haben sich bis jetzt noch nicht mit Sicherheit feststellen lassen, insbesondere konnte der bei Tanga häufige *Pecten Vasseli* FUCHS bei Daressalem von uns nicht nachgewiesen werden; indessen wäre es nicht unmöglich, daß sich in den *Pecten* führenden Ablagerungen vom Ras Rongoni oder Ras Upanga dieser ausgestorbene *Pecten* bei fortgesetztem Nachforschen finden ließe. Aber obgleich dieses Leitfossil bei Daressalam noch nicht gefunden ist, unterliegt es für uns keinem Zweifel, daß die Daressalamer älteren Riffkalke und Sandkalke im Wesentlichen gleichaltrig mit den *Pecten Vasseli*-Schichten von Tanga sind; wir stellen daher unbedenklich auch die Daressalamer Schichten ins Pleistocän.

Die in den letzten Jahren in und bei Daressalam gestoßenen Bohrungen haben nun ergeben, daß auch im Untergrunde die soeben besprochenen marinen Schichten vorhanden sind. Zur Ergänzung des geologischen Bildes von Daressalam müssen wir hierauf noch näher eingehen. Wir erkannten bereits an den Steiluferaufschlüssen das Untersinken des älteren Riffkalks nach Westen. Das haben auch die Bohrungen, sofern sie genügend weit hinabreichten, durchaus bestätigt. So trafen die östlichsten der

1901 für den Hafenausbau auf Veranlassung des damaligen Regierungsbauführers BRANDES gestoßenen Bohrungen an der Ostseite der Landungsbrücke bei der Sodenstraße (auf der beigegebenen Karte ist nur eine von ihnen als II_1 eingetragen) den älteren Riffkalk in + 1,3 bezw. + 0,8 D. N.[1]), vier in Abständen von je 30 m von der Bohrung III_1 in den Hafen hinein angesetzte Bohrungen erreichten den älteren Riffkalk in: — 1,4 m, — 3,1 m, — 3,1 m, — 3,55 m. Endlich wurde durch unsere Wasserbohrungen auf Kurasini der ältere Riffkalk erst in Tiefen von — 20 m (A_2), — 18,8 m (A_8), — 19,3 m (A_6) angetroffen. Durch ein Profil vom Ras Tshokir über die oben genannte Bohrung II_1 nach dem Schiffswasserwerk auf Kurasini (Taf. 2) haben wir dies ziemlich gleichmäßige Einfallen des älteren Riffkalks darzustellen versucht. Auf nicht ganz 7 km zwischen Außen-Makatumbe und den zur Schiffswasserversorgung dienenden Brunnen auf Kurasini sinkt die Oberfläche des älteren Riffkalks also von + 12 m auf — 19,3 m hinab; in Bohrungen am Mkurutiniwege, die bis zu — 25 m hinabreichten, ist er schon nicht mehr angetroffen worden (siehe Profil auf Taf. 2). Hieraus ergibt sich wieder die Unwahrscheinlichkeit von WERTH's Ansicht, wonach unsere Sand- und Knollenkalke auf einer Abrasionsterrasse des älteren Riffkalks lagern sollen. Denn wenn diese Ansicht richtig wäre, müßte man doch erwarten, daß die Abrasionsfläche horizontal oder etwas nach dem Ozean zu geneigt ist, während aber gerade, wie unsere Beobachtungen ergaben, das Gegenteil der Fall ist, und für die Annahme, daß spätere Dislokationen etwa die widersinnige Neigung der Abrasionsterrasse hervorgebracht hätten, liegt nicht der geringste Anhalt vor.

In auffallendem Gegensatze zu dem regelmäßigen Verhalten des älteren Riffkalks stehen die Lagerungsverhältnisse der marinen Sand- und Knollenkalke. Am Ras Tshokir liegt die Oberkante dieser Schichten in etwa + 4 bis 5 m, in Bohrung III_1 in + 0,4 m, in Bohrung I_1 (nur 25 m von Bohrung I_4 nach dem Hafen zu entfernt) in — 6,2 m, in IV_1 in + 3,3 m, in XII_5 in + 6 m,

[1]) D. N., d. h. Daressalamer Null liegt 0,02 m über Niedrigwasser, 1,97 m unter Mittelwasser, 4,23 m unter Hochwasser.

in X_6 in $+4{,}4$ m, in den Wasserbohrungen auf Kurasini steigt sie bis zu $+10$ m und in den Bohrungen am Mkurutiniwege sogar bis zu $+15$ m (siehe Profil). Aus diesen Zahlen geht jedenfalls hervor, daß man von einer allgemeinen Neigung der Sandkalke landeinwärts, wenigstens auf fast 5 km von der jetzigen Küste, nicht wohl reden kann; vielmehr reichen in dem am meisten landeinwärts gelegenen Gebiete diese Schichten noch höher hinauf als in den Aufschlüssen an der Küste. Dann ist aber sicher, daß die nach Westen gerichtete Neigung des älteren Riffkalks nicht erst durch spätere, etwa tektonische Vorgänge entstanden sein kann, da man sonst erwarten müßte, daß auch die mit ihm in so engen Beziehungen stehenden marinen Sand- und Knollenkalke dasselbe Einfallen aufweisen würden. Es muß also aller Wahrscheinlichkeit nach das Ansteigen des älteren Riffkalks nach dem Meere zu durch Vorgänge bei seiner Bildung bedingt sein, etwa durch das Zusammentreffen einer über einen größeren Zeitraum anhaltenden positiven Strandverschiebung mit einer ununterbrochenen Sedimentzufuhr vom Festlande her, wodurch das alte Saumriff zwar emporwuchs, aber immer mehr nach dem Ozean zu gedrängt wurde, weil Riffkorallen bekanntlich süßes oder durch Sediment getrübtes Wasser meiden. Aus dieser Vorstellung folgt aber weiter, daß die Bildungen der ehemaligen Lagune, also die Sand- und Knollenkalke, im wesentlichen von gleichem geologischem Alter sind wie die Riffkalke; beide sind also nur verschiedene Facies.

Manche in den Tagesaufschlüssen bereits angedeuteten Besonderheiten in der Gesteinsentwicklung der sandigen, marinen Kalke gewinnen im Daressalamer Untergrund an Bedeutung. So spielen mehr oder weniger grobe Sande zum Teil mit feinem, durch die ganze Masse verteilten Kalkschlamm, zum Teil mit kleinen Kalkknauern eine große Rolle (z. B. auf der A- und E-Linie, Taf. 1)). Foraminiferen und Bruchstücke großer Austern weisen einem Teil dieser Sande marine Entstehung zu, und man kann sich kaum der Vorstellung erwehren, daß in solchen meist recht groben Sanden Ausfüllungen von Rinnen vorliegen, durch die kräftige Strömungen, vielleicht die Gezeitenströmungen, ihren Weg nahmen. Pflegen doch die Austern noch heutzutage solche Wohn-

orte zu bevorzugen. Ganz überraschend in dem sonst so kalkreichen Horizonte ist aber das häufige Auftreten kalkfreier Sande, lehmiger Sande und Lehme, für die wir, da ein Grund für die Annahme einer sekundären Entkalkung nicht vorliegt, keine andere Erklärung haben, als daß es fluviatile Gebilde sind. Auf den Profilen haben wir deshalb diese Schichten durch eine andere Farbengebung besonders hervorheben zu müssen geglaubt. Aus dem innigen Verbande dieser kalkfreien Sande und Lehme mit den kalkhaltigen Schichten möchten wir schließen, daß beide gleichaltrige Bildungen sind, daß also in die Randlagune hinein, die wir als die Bildungsstätte der marinen Schichten ansehen, vom Festlande her kalkfreie Lehme und Sande eingeschwemmt wurden. Für die Wasserversorgung von Daressalam sind die Sandeinlagerungen bezw. die sandige Facies der marinen Knollenkalke sehr wichtig, weil sie vielfach die Träger eines unter Druck stehenden Wassers sind. Hierauf wird im folgenden Abschnitte noch näher einzugehen sein.

Landeinwärts von dem schmalen, ausschließlich aus marinen Pleistocänschichten aufgebauten Küstenstriche dehnen sich bei Daressalam weite Flächen von Sand und gelegentlich von Lehm aus, die zu den Lehmschichten der Puguberge hinüber leiten. Im allgemeinen baut sich diese Folge bei Daressalam so auf, daß Lehme, lehmige Sande mit untergeordneten Sandeinlagerungen im tieferen Teile der Profile überwiegen, während die reinen Sande in oft sehr mächtiger Schicht den oberen Profilabschluß bilden und bisweilen auf andere Bildungen übergreifen.

Bereits bei der Schilderung des Ras Tshokir und des Ras Makabe mußten wir einen Lehm erwähnen, der wohl hierher zu rechnen ist. Sonst steht solcher Lehm noch an dem Steilufer am sog. Geresanikriek und auf der Ostseite von Kurasini an. In der Bohrung L_8 am Mkurutiniwege erreichte der Lehm und lehmige Sand eine Mächtigkeit von über 30 m. In frischem Zustande ist es ein grauer bis grünlicher, kalkfreier, grobsandiger Lehm, in dem gelegentlich horizontale Schnüre von stark abgerollten Quarzkieseln auftreten. Durch die tropischen Verwitterungsvorgänge ist er meist auf mehrere Meter in ziegelroten Lehm verwandelt.

Selbst in ganz unverwittertem Lehm haben wir nie ein Fossil beobachten können, und dadurch unterscheidet er sich von den kalkigen oder Kalkknauern führenden Lehmen so erheblich, daß wir seine marine Entstehung für ausgeschlossen halten. Andererseits setzt das Nebeneinandervorkommen von Tonteilchen und grobem, ja kiesigem Sand in ihm Bildungsverhältnisse voraus, wie sie nach unserer Ansicht besonders tropische, periodische Wasserläufe darbieten. Einen Beweis hierfür erblicken wir in der interessanten Tatsache, daß derartige Lehme in mehreren unserer Bohrungen, und zwar in L_7 bei + 17,4 m, in K_4 bei + 13,4 m, in K_2 bei + 13 m und in L_8 sogar bei — 19 m ziegelrot geflammt sind, eine Erscheinung, die nur an oder nahe der Oberfläche in einem tropischen Klima zustande gekommen sein kann. Es müssen also diese Lehme eine Zeitlang den tropischen Verwitterungseinflüssen ausgesetzt gewesen sein, bevor sie von anderen Absätzen bedeckt wurden. Auf tropisches Klima deutet ferner die starke Beteiligung des Tons in diesen Sedimenten, weil eine so intensive chemische Verwitterung zu Ton besonders in den Tropen auftritt. Andererseits erfüllen die tropischen periodischen Flüsse am besten die Bedingung, daß ihre Wassermengen und damit ihre Transportkraft innerhalb weniger Stunden in weiten Grenzen schwanken, derart, daß ein Absatz von tonigem Material neben grobsandigem und sogar kiesigem erfolgen kann; zeigen doch die alluvialen Lehme periodischer Wasserläufe Ost-Afrikas eine ganz ähnliche Zusammensetzung. Die Tatsache, daß in Aufschlüssen und in Bohrungen kalkfreie Lehme plötzlich in kalkhaltige übergehen, erklären wir uns so, daß erstere vorwiegend im Bereiche des Flußwassers abgesetzt wurden, also fluviatil im engeren Sinne sind, während letztere den Kalkgehalt wohl im Bereiche der Randlagune oft zugleich mit marinen Fossilresten aufnahmen, also schon als marine Bildungen zu betrachten wären. Damit wollen wir durchaus nicht behaupten, daß nicht auch echte fluviatile Lehme Ost-Afrikas einen Kalkgehalt aufweisen können, im Gegenteil, wir kennen derartige Lehme, die mit Kalkknauern und knöllchen (»Kunkur«) durchsetzt sind, sehr wohl, z. B. aus dem Pangani-Alluvium oberhalb der Fälle; da sich aber uns bei der Profildarstellung der Untergrundsverhält-

nisse aus Bohrungen kein besseres Merkmal für die Abtrennung der marinen von den fluviatilen Gebilden darbot als der Kalkgehalt, so sind wir nach diesem Gesichtspunkte verfahren, selbst auf die Möglichkeit hin, daß ein kalkhaltiger fossilfreier, Lehm, der von uns zu den marinen Schichten gerechnet ist, rein fluviatil sein sollte. Das geologische Bild dürfte dadurch nur unerheblich beeinflußt werden.

Diese Lehme und lehmigen Sande sind von Bornhardt zu den Mikindanischichten gerechnet worden (S. 198, 201 a. a. O.), welche sich nach seiner Ansicht von den Pugubergen bis zur Küste erstrecken. Hierin pflichten wir ihm vollkommen bei. Gegen die Bornhardt'sche Deutung der Mikindanischichten als marine Bildungen (S. 469) haben bereits Wolff (Jahrb. d. Geol. Landesanstalt 1900 S. 157) und Werth (Zeitschr. d. D. geol. Ges. 1901 S. 298) und neuerdings auch E. Fraas (Palaeontograph. Bd. 55, S. 116) Bedenken geltend gemacht und neigen, soweit sie eine Ansicht darüber äußern, mehr zu der oben von uns entwickelten Auffassung, daß diese Lehme fluviatiler Enstehung sind.

Die Sande im oberen Teile unseres Schichtenkomplexes können mit Werth als Terrassensande bezeichnet werden. Sie beginnen schon dicht an der Küste, anfangs noch in geringerer Mächtigkeit, sich dem Lehm oder Sandkalk aufzulagern (am Ostfährhuk 1,3 m, am Ras Maskabe 2—3 m mächtig). Ihre Mächtigkeit wächst aber landeinwärts sehr schnell (siehe Profil) und erreicht in der Bohrung I_4 10 m, auf Kurasini zwischen den Bohrungen F und J_1 sogar bis zu 22 m. Bemerkenswert ist die stellenweise festzustellende diskordante Lagerung dieser Sande. Während sie nämlich im allgemeinen den marinen Sandkalk oder den Lehm bedecken, liegen sie in der Bohrung II_1 unmittelbar auf dem älteren Riffkalk, allem Anscheine nach in einer Rinne, die bei oder vor ihrem Absatze erodiert wurde. In ähnlicher Weise scheinen sie auch auf Kurasini zwischen den Bohrungen F und J_1 eine breite Rinne zu erfüllen, an welcher die Kalke und Lehme dieser beiden Bohrungen abschneiden (siehe Profil). So dürfte sich auch ihre auffallend große Mächtigkeit hier erklären. Den klarsten Beweis dafür, daß der Ablagerung dieser Sande eine

Phase der Denudation, also eine »interne Denudation« (Walther: Einl. i. d. Geolog. als historische Wiss. 1893—1894 S. 990) vorausging, erhielten wir durch eine Beobachtung im Jahre 1902 in der Ausschachtung für das Schiffswasserwerk auf Kurasini. Hier ging der Sand an seiner Basis in einen Kies über und führte in großer Menge Gerölle eines grobsandigen, grünlichgrauen, hier und da rötlich gefleckten Lehms. Es hat also das den Kies transportierende Wasser Lehmschichten zerstört, zu Geröll verarbeitet und hier abgesetzt. Durch einen günstigen Zufall konnten wir uns beide von der Entstehungsweise derartiger Gerölle und von ihrer Einbettung in Flußsand in Ost-Afrika selbst überzeugen und möchten unsere Beobachtungen an der Hand einer Abbildung (Fig. 2 auf Taf. 9)[1]) kurz schildern. Auf der Pflanzung Kiëmoni bei Tanga hatte man einen Bewässerungskanal vom Mkulumusi abgezweigt. In der nächsten Regenzeit ergoß sich der angeschwollene Bach in das neue Bett und erweiterte es erheblich. Als wir in der Trockenzeit das neugeschaffene Bett besichtigten, fanden wir in dem hereingetriebenen Flußsande massenhaft Gerölle des schwarzen Alluvialtons der Ufer und der Sohle eingebettet, wie das die Abbildung deutlich erkennen läßt. Manche Vorkommen von Tongallen in älteren Sandsteinen dürften wohl ähnlich entstanden sein.

Die Terrassensande von Daressalam sind meist mittelkörnig, führen zum Teil bis haselnußgroße Quarzkiesel und bestehen im wesentlichen aus Quarz, etwas Feldspat, Magnet- oder Titaneisen usw.; sie sind stets kalkfrei. Die große Ausschachtung für das Schiffswasserwerk auf Kurasini erlaubte 1902 die Beobachtung eines schönen Profils durch die verschiedenen Verwitterungsstufen des Sandes, deren Mitteilung von einigem Interesse sein dürfte, da hieraus so recht die Intensität der tropischen Verwitterungsprozesse vor Augen geführt wird. Von oben an war das Profil folgendes:

von 0,4—1 m lockerer, bräunlicher Sand,
» 1 —1,5 » schwachlehmiger, gelber Sand,
» 1,5—2,5 » starklehmiger, rotbrauner Sand,
» 2,5—3,5 » rotbrauner, lehmiger Sand, durchsetzt mit Streifen von unverwittertem, weißem Sand,
» 3,5—4,8 » frischer, weißer Sand.

[1]) Aufnahme von Tornau.

Offenbar ist dieses Profil so entstanden, daß der Feldspat und andere Silikate der oberen Sandschichten zu Ton und Eisenhydroxyd verwitterten, und daß dann diese Zersetzungsprodukte mit dem Tagewasser in die Tiefe gewaschen wurden. Näheres über eine Nährstoffuntersuchung dieses Profils ist in einem kleinen Aufsatze von V. Lommel und W. Koert in den Berichten für Land- und Forstwirtschaft in Deutsch-Ostafrika, I. Bd. 1903, S. 333 veröffentlicht.

Die Sande sind fossilleer, wie wir ausdrücklich betonen wollen. Die von Bornhardt angegebenen Vorkommen von Konchylresten in den »Decksanden« (S. 198, 200, 205) dürften sämtlich von den Eingeborenen meist zur Nahrung von der Küste ins Innere verschleppte Schalen sein, womit ja auch die Angabe Bornhardt's bestens übereinstimmt, daß derartige Reste weiter landeinwärts nicht mehr gefunden werden. Seiner Ansicht, daß die Decksande Meeresbildungen seien, können wir also auf Grund unserer Daressalamer Untersuchung nicht beitreten, sondern halten sie gleich den liegenden Lehmen für fluviatil und ihre Abtrennung von den lehmigen Mikindanischichten, wie sie Bornhardt unter der Bezeichnung »Decksande« durchzuführen versucht hat, nicht für angängig. Vergegenwärtigen wir uns nämlich, daß fluviatile Bildungen bei Daressalam sich nach unserer Deutung bereits den marinen Sand- und Knollenkalken einschalten, und daß sie nach oben hin in den Lehmen und Sanden nur vorherrschen, so scheint uns das für eine gewisse Zusammengehörigkeit des ganzen Daressalamer Schichtenkomplexes, soweit wir ihn untersucht haben, zu sprechen. Wir stehen daher nicht an, diesen ganzen Komplex der Pleistocänzeit zuzurechnen und in dem fluviatilen Teile insbesondere Ablagerungen der Pluvialepoche zu erblicken, jener regenreichen Epoche der Tropen, die in der Hauptsache mit der nordischen Eiszeit zusammenfallen dürfte, und für die sich bereits an mehreren Stellen des afrikanischen Kontinents Belege gefunden haben (Ägypten, Südafrika, Togo). Denn die Ablagerung solch ausgedehnter lehmiger und sandiger Schuttmassen, wie sie nicht nur bei Daressalam, sondern auch an der ganzen Deutsch-Ost-

afrikanischen Küste verbreitet sind, setzt notwendigerweise ein an Niederschlägen reiches Klima, wahrscheinlich sogar ein noch reicheres als gegenwärtig voraus, dabei muß aber, wie wir oben bereits ausführten, dieses Klima noch ein durchaus tropisches gewesen sein: So glauben wir selbst in den Schichten dieser tropischen Gestade noch die Spuren der Eiszeit wieder erkennen zu können, deren Existenz ja bereits Hans Meyer durch eine Reihe von Beobachtungen an den ostafrikanischen Schneebergen nachgewiesen hat[1]). Die fluviatilen Sande und Lehme der Pleistocänzeit hat Bornhardt jedenfalls in der Hauptsache mit dem Namen »Mikindanischichten« umfassen wollen; damit steht auch in vollem Einklang, daß er diese Schichten eher zum Quartär als zum Tertiär stellen möchte (S. 469). Verbindet man künftighin mit dem Begriff »Mikindanischichten« die von uns gegebene Deutung, so wird er sich sehr gut zu stratigraphischen Zwecken verwenden lassen. Unsere Auffassung der Daressalamer Pleistocänschichten sei zum Schluß noch einmal in Form einer vergleichenden Tabelle wiedergegeben:

	Fluviatile Bildungen der Pluvialepoche	Marine Bildungen	
		Sand- und Schlammfacies	Rifffacies
Pleistocän	Sande (Terrassensande) und Lehme der Mikindanischichten	Sand- und Knollenkalke mit Sand und Lehm	älterer Riffkalk

[1]) Die Eiszeit in den Tropen. Geogr. Zeitschr. 1904, S. 593.

II. Die hydrologischen Verhältnisse von Daressalam.

Eine Schilderung der hydrologischen Verhältnisse von Daressalam kann in der Weise erfolgen, daß wir die verschiedenen Möglichkeiten einer Wasserversorgung der Stadt näher erörtern und dabei die Vorzüge und Nachteile der einzelnen Möglichkeiten durch Mitteilung von Tatsachen und Erfahrungen kennen zu lernen suchen. Auf solche Weise werden wir auch am ehesten zur Klarheit darüber gelangen, wie die schwierige Wasserfrage von Daressalam gelöst werden kann.

Als nächstliegender Weg zu einer Wasserversorgung scheint sich die Entnahme aus oberirdischen Wasserläufen darzubieten. Tatsächlich ist denn auch bereits im Jahre 1891 von einer in Zanzibar ansässigen Firma ein Plan entworfen worden, nach dem das Wasser des in den Südhafen mündenden Flüßchens Mtoni unter Benutzung des natürlichen Gefälles nach Daressalam geleitet werden sollte. Ein anderes, ähnliches Projekt bestand darin, Daressalam aus dem Mssimbasi-Flusse, der aus den etwa 20 km entfernten Pugubergen herkommt, mit Wasser zu versorgen; die erforderlichen Wassermengen hoffte man durch Anlage einer Talsperre unweit Kongoramboto zu erlangen. Beide Pläne können nach dem heutigen Stande der Tropenhygiene schon deshalb nicht in Frage kommen, weil man seitdem die gesundheitlichen Gefahren des häufig von pathogenen Keimen erfüllten Flußwassers der Tropen erkannt hat. Ferner müßte man, da es sich bei beiden Projekten doch nur um verhältnismäßig kurze, periodische Wasserläufe handelt, stets mit deren unsicherer Wasserführung rechnen.

Eine weitere Möglichkeit der Wassergewinnung ergibt sich aus der Geologie der Umgegend von Daressalam. Wie im ersten Abschnitt ausgeführt worden ist, setzt sich der Boden bei Daressalam in der Hauptsache aus Sanden zusammen, die von Lehm- usw. Schichten unterlagert werden; demnach muß an der Grenze der höchst durchlässigen Terrassensande gegen den undurchlässigen

Lehm ein Wasserhorizont erwartet werden, mit dem wir uns etwas näher zu beschäftigen haben. Dieses Wasser verdient in mannigfacher Hinsicht scharf von dem tieferen Grundwasser bei Daressalam getrennt zu werden; wir wollen es daher in dieser Arbeit stets als »Oberwasser« vom tieferen Grundwasser unterscheiden. Es tritt an zahlreichen Punkten des den Hafen von Daressalam umsäumenden Steilufers, namentlich auf der Halbinsel Kurasini, in schwachen Quellen aus. Stärkere derartige Quellen finden sich auf der Schamba des Herrn GRASSE (schlechthin GRASSE-Schamba genannt) und der Sultans-Schamba (Ölpalmenquelle) südwestlich und westlich von Daressalam.

Das Oberwasser wird unmittelbar aus den Niederschlägen gespeist, welche in die Terrassensande bis zur ersten undurchlässigen Schicht eindringen; es legt also im allgemeinen nur kurze Wege durch den Boden zurück. Daran ändert auch der Umstand nichts, daß stellenweise infolge der Oberflächengestaltung der undurchlässigen Schicht das Oberwasser auf dieser eine gewisse Strecke entlang fließt. Durch den kurzen unterirdischen Weg werden zwei charakteristische Eigenschaften des Oberwassers bedingt, nämlich sein verhältnismäßig geringer Mineralgehalt und sein hoher Gehalt an organischen Stoffen, also seine hohe Oxydierbarkeit (ermittelt durch den Kaliumpermanganatverbrauch). Erstere Eigenschaft ist aus der Natur des Bodens ohne weiteres erklärlich, während der hohe Gehalt an organischen Stoffen mangels längerer unterirdischer Wege durch Selbstreinigung nur unvollkommen entfernt wird. Hieraus erklärt sich auch, daß das Oberwasser außer Salpetersäure häufig noch, was sehr bedenklich ist, salpetrige Säure und Ammoniak aufweist. Innerhalb der Stadt ist die Gefahr einer Verunreinigung des Oberwassers durch Fäkalien, Abwässer, pathogene Keime bei Epidemien usw. besonders zur Regenzeit groß, da dann stellenweise ein Aufsteigen des Oberwassers bis an die Oberfläche stattfindet.

Die durch Oberwasser gespeisten Quellen zeigen fast sämtlich eine weißliche Trübung, die sich selbst bei längerem, ruhigen Stehen des Wassers erhält. Die Ursache dieser Trübung ist noch nicht aufgeklärt; sie soll angeblich durch fein verteilte Ton-

teilchen hervorgerufen werden. Jedenfalls ist es fraglich, ob sie sich durch Filtration würde entfernen lassen.

Bei der Abhängigkeit des Oberwassers von den Niederschlägen ist sein Vorrat naturgemäß stark beschränkt. In der Trockenzeit dürfte es vor allem durch kapillares Aufsteigen in die oberen, stark erhitzten Bodenschichten, in denen es sofort verdunstet, erheblich vermindert werden; trocknet doch gelegentlich selbst in 10 m tiefen Brunnen das Oberwasser in Daressalam aus.

Diesen vielen dem Oberwasser anhaftenden Nachteilen steht nur der Vorteil gegenüber, daß es weich und arm an Chloriden ist.

Ein Teil der in Daressalam befindlichen flachen Schachtbrunnen nutzt dieses Oberwasser aus, so u. a. der Brunnen auf dem Grundstücke des Brauereibesitzers Schultz (links vom Wege nach dem Gouvernementshospital, gegenüber der Post, der nach Werth's Angabe[1]) schon bei $2^1/_2$ m Tiefe Wasser lieferte.

Die demselben Wasserhorizont angehörende Quelle auf der Grasse-Schamba entspringt ungefähr 2 km südwestlich der Stadt, wenige Meter südlich der nach Pugu führenden Karawanenstraße, und zwar am Grunde eines etwa 20 m breiten, schluchtartigen Tales, das hier völlig unvermittelt beginnt und etwa 8—9 m tief in das ebene Gelände eingeschnitten ist. Das Tal verläuft anfänglich nach Süden und mündet dann mit einem Bogen nach Osten in den Geresani-Kriek ein. Die Gehänge der Talschlucht bestehen aus Sanden, die am Anfange des Tales erst in einer Tiefe von etwa 15 m von Lehm unterlagert sein sollen. Längs des ganzen Tales, in das mehrere kleine Nebentälchen münden, treten am Fuße der Steilränder starke Quellen mit milchig-trübem Wasser zu Tage. Die Ergiebigkeit der obersten Quelle beträgt nach Messungen zur Regenzeit etwa 80 cbm am Tage; ungefähr 400 m abwärts dagegen ist schon eine abfließende Wassermenge von 500—600 cbm pro Tag ermittelt worden. Da die Quellen zur Trockenzeit wenig nachlassen sollen, so würden hier allerdings

---

[1]) E. Wetrh: Zur Kenntnis der jüngeren Ablagerungen im tropischen Ost-Afrika, Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges., Jahrg. 1901, S. 292.

ausreichende Wassermengen zur Verfügung stehen[1]). Dieses Wasser ist jedoch wegen seiner, aus den folgenden Ergebnissen der Analyse II hervorgehenden schlechten Beschaffenheit nicht verwendbar; Analyse I zeigt die Beschaffenheit des am Talanfang austretenden Oberwassers:

	I. (Oberste Quelle) (15. April 1899)	II. (13. März 1900)
Rückstand bei 110°	85 mg	200 mg pro Liter
Oxydierbarkeit (ermittelt durch den Kaliumpermanganatverbrauch)	9,48 »	37,9 » » »
Chlor	14,1 »	24,7 » » »
Schwefelsäure	5,14 »	7 » » »
Kalk Magnesia	8,0 »	22,4 » » »
Ammoniak	—	reichlich vorhanden
Salpetrige Säure	—	—
Salpetersäure	—	—

Analytiker: Gouvernements-Apotheker Willems.

Aus vorstehenden Ergebnissen ist ersichtlich, daß das Wasser talabwärts eine erhebliche Verschlechterung erfährt (hohe Oxydierbarkeit und Ammoniakgehalt), die durch die Einwirkung des Sumpfes, in dem Zuckerrohr- und Bananen-Kulturen üppig gedeihen, bedingt ist.

Nachdem man sich noch überzeugt hatte, daß das in der sandigen Talsohle befindliche Grundwasser nicht besser ist als das oberflächlich abfließende Wasser — die Untersuchung ergab eine Oxydierbarkeit von 27,8—34,1 mg — wurde der Plan, die Quellen auf der Grasse-Schamba zur Wasserversorgung der Stadt zu benutzen, endgültig aufgegeben.

Etwa 900 m nordnordwestlich der an der Pugustraße gelegenen Quelle tritt aus dem Terrassensande, ebenfalls am Anfange einer Schlucht, die Ölpalmen-Quelle aus (Abb. 1 auf Taf. 6), die ihren Namen

---

[1]) Der durchschnittliche Tagesbedarf der Stadt und der Schiffe ist ums Jahr 1904 zu etwa 200 cbm angenommen worden. Da nach den neusten Angaben (Denkschrift über die Entwicklung der Schutzgebiete in Afrika und der Südsee im Jahre 1908/1909, Teil B, S. 68) die europäische Bevölkerung in Daressalam 588 Köpfe beträgt, und pro Kopf 200 l in Ansatz zu bringen sind, so dürfte der Wasserbedarf der ganzen Stadt jetzt etwas höher sein.

einigen alten Exemplaren der an der Ostküste sonst nicht gewöhnlichen und wohl durch die Araber vom Westen her eingeführten Ölpalmen verdankt; sie ist weniger ergiebig, führt aber gleichfalls milchig getrübtes Wasser.

Auch diese Talschlucht beginnt völlig unvermittelt mit einem halbkreisförmigen Steilabfall, an dessen Fuß die Quelle entspringt. Dieselbe Erscheinung finden wir an gewissen kleinen Einbuchtungen am Ostufer von Kurasini wieder; hier entspringen ebenfalls am Ende der von steilen Wänden eingefaßten und mit Sumpfvegetation erfüllten Buchten starke Quellen. Die Bildung der Täler und Buchten möchten wir der subterranen Erosion [1]) dieser Quellen zuschreiben. Da nämlich die Grundwasserträger stets lockere Sande sind, so muß erwartet werden, daß sich diese nach der Austrittsstelle des fließenden Grundwassers zu in gleitende Bewegung setzen und herausgetrieben werden, wodurch ein Nachsinken des Hangenden hervorgerufen wird. Die Wegräumung der abgesunkenen Gehängemassen besorgt dann die Quelle sehr leicht, zumal es sich ja in diesem Falle nur um Sand handelt. Dieser Vorgang hat zur Folge, daß die Schluchten mit halbkreisförmig verlaufenden, hohen und steilen Wänden, einem Quellzirkus oder einer Quellnische, endigen, eine Erscheinung, die durch Erosion oberirdisch fließender Gewässer nicht zu erklären ist. Letztere wäre auch in dem aus mächtigen, außerordentlich durchlässigen Sanden bestehenden Boden undenkbar. Bornhardt [2]), der die auffallenden Erosionsabstürze in Ostafrika vielfach zu beobachten Gelegenheit hatte, erklärt sie in ganz derselben Weise. Auch die Bildung des weit in die Halbinsel Kurasini einschneidenden südlichen Ausläufers des Geresani-Krieks ist jedenfalls auf subterrane Erosion zurückzuführen.

Aus der Anordnung und dem Verlaufe dieser Schluchten läßt sich also deutlich der Zug des Oberwassers ablesen, und da dieses an den tiefsten Stellen sich sammelt, so können wir hiernach schon erwarten, daß an den Stellen des Oberwasser-Austritts die

---

[1]) F. v. Richthofen: Führer für Forschungsreisende, 1901, S. 121 ff.
[2]) A. a. O., S. 49.

Terrassensande eine ganz besondere Mächtigkeit erreichen. Wie aber im vorigen Abschnitt ausgeführt wurde, steht die Mächtigkeit in einem gewissen Zusammenhange mit alten Erosionsfurchen, und so kommen wir zu dem interessanten Schluß, daß die heutigen Oberflächenformen bei Daressalam z. T. ältere Formen wiederholen.

Da die Ölpalmenquelle zum Mssimbasi entwässert (vergl. die Karte), so muß zwischen dieser und derjenigen auf der Grasse-Schamba, also etwa zwischen der Pugustraße und dem Kitschwele-Wege, eine unterirdische Wasserscheide vorhanden sein.

Auf Grund der oben angeführten Tatsachen kommen wir zu folgendem Urteil über den Plan, Daressalam mit Oberwasser zu versorgen:

1. Das Oberwasser ist meist hygienisch nicht einwandfrei und stets Verunreinigungen ausgesetzt. Seine milchige Trübung ist mindestens unappetitlich.

2. Sein Vorrat steht in unmittelbarer Abhängigkeit von den Niederschlägen und geht in der Trockenheit stark zurück. Beim Ausbleiben einer Regenperiode könnte dadurch ein schwerer Wassermangel entstehen. Das Oberwasser ist daher für eine den heutigen Anforderungen entsprechende Trinkwasserversorgung der Stadt nicht geeignet.

So bleibt denn als letzte Möglichkeit einer Wasserversorgung von Daressalam nur die aus dem tieferen Grundwasser. Daß dieses Ziel aber auch nicht ohne eingehende fachmännische Untersuchung mittels einer aufs Geratewohl gestoßenen Bohrung erreicht werden konnte, lehrten die Ergebnisse der 162 m tiefen Bohrung auf dem Platze hinter der Boma vom Jahre 1900, deren paläontologische und stratigraphische Ergebnisse von W. Wolff[1]) bearbeitet worden sind. Zwar wurde in den Tiefen von 28 m, 57,5—58,5 m und 124 m Wasser angetroffen, doch erwies sich nach den von dem früheren Gouvernements-Apotheker Schörnig ausgeführten Analysen keines der Wasser für den menschlichen Genuß brauchbar; das aus 28 m Tiefe stammende Wasser enthielt

[1]) Jahrb. der Königl. Preuß. Geol. Landesanstalt und Bergakademie für 1900, S. 148—157.

Schwefelwasserstoff und salpetrige Säure, das aus 57,5—58,5 m ebenfalls letztere in großen Mengen und das aus 124 m Tiefe einen zu hohen Chlorgehalt.

Den Ausführungen BORNHARDT's[1]) über die geringen Aussichten, einwandfreies Wasser in reichlichen Mengen durch Tiefbohrungen bei Daressalam zu erschließen, können wir auf Grund unserer Beobachtungen nur zustimmen.

Bereits 1901 standen jedoch einige Brunnen in den Sandeinlagerungen der marinen Pleistocänschichten, wie sie im vorhergehenden Abschnitt besprochen wurden; leider war aber das bis dahin festgestellte Wasser meist ziemlich salzig. Auch die im Jahre 1901 von dem damaligen Regierungsbauführer BRANDES zu Zwecken des Hafenausbaues an der Nordostseite von Kurasini niedergebrachten Bohrungen hatten mehrfach derartige Wasserhorizonte erschlossen; das Wasser war aber entweder in zu geringen Mengen vorhanden (Bohrg. X_6), oder es erwies sich als zu salzig, um als Trinkwasser verwertet zu werden (Bohrg. X_5, 108 m nordöstlich von X_6 und Bohrg. XI_1).

Dagegen legte eine an der Ostseite der Halbinsel Kurasini auftretende eigentümliche Bucht 1901 KOERT die Vermutung nahe, daß hier ein kräftiger Grundwasserstrom in den Hafen münden könne, dessen subterraner Erosion man die Entstehung der Bucht zuzuschreiben hätte. Diese Bucht ist etwa 220 m breit und ungefähr 160 m tief nnd wird nach dem Südhafen durch zwei sich herabziehende schmale Rücken bis auf eine etwa 100 m weite Öffnung abgeschlossen. Das Innere ist mit Mangroven erfüllt (Abb. 3 auf Taf. 9). Von der Schlucht der Ölpalmenquelle und derjenigen auf Grasse-Schamba unterscheidet sich diese in auffälliger Weise durch die breitere Form, welche fast an einen Kolk erinnert; die schwachen, an ihrem hinteren Steilrande über dem Lehm austretenden Oberwasserfäden können diese Bucht nicht geschaffen haben, und an eine Brandungswirkung ist in dem ruhigen Hafen natürlich nicht zu denken. Da nun durch die Bohrungen für den

[1]) A. a. O., S. 201.

Hafenausbau das Auftreten eines unter kräftigem hydrostatischem Druck stehenden, wenn auch salzigen Grundwassers, bekannt geworden war, so lag es nahe, die Entstehung dieser Bucht mit einem dort in den Hafen einmündenden Grundwasserstrom in Verbindung zu bringen. War aber dort ein kräftig fließender Grundwasserstrom vorhanden, so konnte man auch hoffen, vielleicht ein salzärmeres Wasser in ihm anzutreffen. Durch die Ergebnisse einer Reihe von Bohrungen, welche die Erschließung des fraglichen Grundwasserstromes bezweckten, wurde diese Annahme bestätigt. Gleich mit der zweiten Bohrung (A_5), die westlich der Mitte der Bucht, etwa 50 m vom Steilabfall entfernt, angesetzt worden war, wurde ein Grundwasserstrom in 21,8—30,0 m Tiefe angetroffen. Die weiteren Versuchsbohrungen wurden in vier, dem Ufer ungefähr parallelen und 60 m von einander entfernten Linien niedergebracht, um Richtung und Breite des unterirdischen Stromes zu ermitteln. Im ganzen wurden 24 Bohrlöcher (A_1—A_9, B_1—B_4, C_1—C_7, D_1—D_3 und E) gestoßen, deren Resultate aus den beigefügten Schichtenverzeichnissen und zum Teil auch aus Taf. 2 ersichtlich sind. Die Bohrungen A_4 und A_6 wurden unmittelbar neben dem Bohrloch A_5 niedergebracht, welches die günstigsten Resultate hinsichtlich des Grundwasserträgers ergeben hatte. Die drei nur 1,5 m von einander entfernten Bohrlöcher A_4, A_5 und A_6 sind zur Anlage eines Schiffswasserwerkes benutzt worden, das seit 1902 unausgesetzt in Betrieb ist. Man hat drei Brunnen hierzu vorgesehen, um bei notwendigen Reparaturen an dem einen oder andern Filter usw. den Betrieb nicht einstellen zu müssen.

Außer den Bohrlöchern A_4, A_5 und A_6 hatten noch B_2, B_3, B_4, C_4, C_5 und C_6 sehr günstige Resultate; der unterirdische Süßwasserstrom wurde im allgemeinen zwischen 20 und 30 m Tiefe angetroffen. Der Grundwasserträger besteht aus mittel- bis grobkörnigen Sanden, die gelegentlich Kieseinlagerungen führen; seine Mächtigkeit schwankt sehr und beträgt im Maximum (Bohrloch A_5) 8,2 m. Mitunter fanden sich, wie aus den Schichten-Verzeichnissen hervorgeht, in den Sanden Lehmbänke. Sehr häufig sind wasserführende, lehmige Sande, die aber wegen ihrer

unreinen, »schlammigen« Beschaffenheit einen sehr schlechten Grundwasserträger darstellen, so daß man in ihnen keinen kräftig zufließenden Grundwasserstrom erwarten kann. Betreffs der Breite des zur Wasserentnahme geeigneten Süßwasserträgers wurde festgestellt, daß sie auf Linie A weniger als 36 m und auf Linie C weniger als 42 m beträgt. Zweifellos liegt hier eine ehemalige Stromrinne vor, durch deren Sand- und Kiesfüllung sich noch jetzt ein Grundwasserstrom zur Küste bewegt.

Das erbohrte Wasser stieg in allen Bohrlöchern weit über die Oberkante der wasserführenden Schicht bis rund 12 m unter Flur auf; es steht demnach unter hydrostatischem Druck.

Die chemische Beschaffenheit des auf Kurasini erbohrten Wassers geht aus den folgenden Ergebnissen von drei Analysen hervor, die von SCHÖRNIG ausgeführt worden sind:

Wasser aus den Bohrlöchern:

	A_5	A_6	C_2
Temperatur der Luft . .	31° C	—	—
» des Wassers .	29° C	—	—
Farbe	klar,	klar,	klar
Geruch	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden
Geschmack	gut	gut	gut
Rückstand	570 mg	410 mg	892 mg pro Liter
Oxydierbarkeit (ermittelt durch den $KMnO_4$-Verbrauch)	1 »	0,4 »	1 » » »
Chlor	81,6 »	149 »	272,5 » » »
Schwefelsäure	9,4 »	nicht bestimmt	nicht bestimmt
Kalk	78,8 »	desgl.	desgl.
Magnesia	25,6 »	desgl.	desgl.
Salpetersäure	nicht vorhanden	nicht vorhanden	nicht vorhanden
Salpetrige Säure	desgl.	desgl.	desgl.
Ammoniak	desgl.	desgl.	desgl.
Berechnete Gesamthärte in deutschen Graden . .	11,46	7,8	7,8
Bleibende Härte in deutschen Graden	5,04	4	nicht bestimmt

Vergleicht man diese Resultate mit den Analysenergebnissen auf S. 29, so ergibt sich sofort als wichtiger Unterschied zwischen dem auf Kurasini erbohrten Tiefenwasser und dem Daressalamer

Oberwasser, daß sich ersteres im Gegensatz zu letzterem durch eine sehr geringe Oxydierbarkeit sowie durch das Fehlen von Ammoniak, salpetriger Säure und Salpetersäure auszeichnet. Der völlige Mangel an diesen Stoffen beweist jedenfalls, daß eine Verunreinigung des Tiefenwassers auf Kurasini durch organische Stoffe von oben her nicht stattfindet, was ja schon der geologische Befund ausschließt, da dieses Wasser unter einer Decke von undurchlässigen Schichten fließt; ferner spricht dieser Mangel an organischer Substanz dafür, daß das Kurasini-Wasser einen weiten Weg, auf welchem es Gelegenheit zur Selbstreinigung hatte, zurückgelegt hat. Dafür ist naturgemäß sein Gehalt an gelösten Mineralbestandteilen ein größerer als der des Oberwassers. Der Chlorgehalt schwankt; er beträgt beispielsweise bei A_5: 81,6 mg, bei A_6: 149 mg und bei C_2: 272,5 mg pro Liter. Da erst von etwa 400 mg Chlor an das Wasser brackig zu schmecken anfängt, so beeinträchtigt ein Gehalt von 272,5 mg Chlor die Brauchbarkeit des Wassers zu Genußzwecken keineswegs. Allerdings war in mehreren Bohrungen von Brandes an der Nordostseite von Kurasini und in der Bohrung A_9 der Chlorgehalt des Wassers so hoch, daß es salzig schmeckte und für den Genuß nicht geeignet war. Die Quelle des Salzgehaltes wird man in der Hauptsache wohl in den zum Teil noch nicht hinlänglich entsalzenen pleistocänen Meeresschichten selbst zu suchen haben; in unmittelbarer Nähe des Meeres wird vielleicht auch diffundierendes Meerwasser den Salzgehalt des Grundwassers beeinflussen. Wir haben uns von dieser ungleichmäßigen Verteilung des Chlor-Gehaltes die Vorstellung gemacht, daß da, wo die marinen Schichten von den kiesigen und sandigen Ausfüllungen ehemaliger Rinnen durchzogen werden, und wo durch diese Rinnen seit langem das Grundwasser seinen Weg zur Küste nimmt, die Entsalzung weiter vorgeschritten ist.

Die Gesamthärte war, trotzdem das Wasser z. T. kalkige Sande durchfließt, verhältnismäßig niedrig; sie schwankt zwischen 8 und 11,5 deutschen Graden. Die bakteriologische Untersuchung ergab völlige Keimfreiheit des Wassers.

Hinsichtlich der vorhandenen Wassermengen wurde festgestellt, daß in dem Brunnenbohrloch A_5 bei einer Entnahme von 2,1—2,3 cbm pro Stunde der Wasserstand um 0,8—0,9 m abgesenkt wurde. Da nun in diesem Bohrloch eine Wassersäule von 29,5—11,8 = 17,7 m zur Verfügung steht, und man die Absenkung wohl ohne Frage auf das Fünffache steigern kann, so könnte das Bohrloch A_5 allein wohl 11 cbm stündlich oder 264 cbm täglich liefern. Nach einer Statistik vom 11. Oktober 1904, die sich bei den Gouvernements-Akten in Daressalam befindet, sind sogar aus den drei Brunnen A_4—A_6 in 18 Stunden 700 cbm gefördert worden. In den Jahren 1902—1909 sind von dem Schiffswasserwerk auf Kurasini nach einer den amtlichen Jahresberichten über die Entwicklung der Schutzgebiete usw. entnommenen Zusammenstellung im ganzen folgende Wassermengen an die Schiffe abgegeben worden:

		Stärkste Förderung im Monat:
Vom 1. 10. 02—31. 3. 03	3919 t	1047 t
Im Etatsjahr 1903/04	9511 »	1151 »
» » 1904/05	12268 »	1992 »
» » 1905/06	15757,5 »	1837 »
» » 1906/07	16245,7 »	1715,2 »
» » 1907/08	13861 »	1576 »
» » 1908/09	12890,5 »	1495 »

Durch diese Zahlen wird die Leistungsfähigkeit der Anlage aufs beste bewiesen. Selbst in trocknen Zeiten ist unseres Wissens bisher niemals eine Abnahme des Wassers zu verzeichnen gewesen. Fraglos ließe sich aus dem oben beschriebenen Grundwasserstrome, evtl. noch unter Benutzung der Bohrlöcher C_4, C_5 und C_6, auch die Stadt mit ihrem zu etwa 200 cbm angegebenen täglichen Bedarf mit Wasser versorgen.

Über die Herkunft des fraglichen Wassers können naturgemäß nur Vermutungen geäußert werden. Der Umstand, daß die Ergiebigkeit der Brunnen in längeren Trockenzeiten, in denen erfahrungsgemäß viele Flachbrunnen der Stadt trockengelegt werden, nicht nachgelassen hat, spricht dafür, daß ein größeres Ursprungs-

bezw. Sammelgebiet für dieses Wasser in Frage kommt, aller Wahrscheinlichkeit nach ein Gebiet bis zu den Pugubergen, deren Schichten, wie im ersten Teile der Arbeit ausgeführt ist, bis zur Küste durchstreichen. Die auf Kurasini festgestellte Richtung des unterirdischen Stromes (von WSW. nach ONO.) weist ebenfalls auf die Puguberge hin.

Wir kommen nun zu einer Eigentümlichkeit des Kurasiniwassers, die bei der Wasserversorgung von ostafrikanischen Küstenplätzen eine gewisse Beachtung verdient. Schon im Jahre 1902 liefen nämlich von den Kapitänen einiger Dampfer der Deutsch-Ostafrika-Linie, die durch das neue Schiffswasserwerk auf Kurasini mit Frischwasser versorgt worden waren, Klagen darüber ein, daß das Wasser stark absetze und nach einiger Zeit (10—14 Tagen) einen an Jod oder Jodoform erinnernden Geruch annehme. Seitdem nehmen die Dampfer der D.-O.-A.-L. das Kurasiniwasser nur als Kesselspeisewasser, nicht als Trinkwasser.

Auf Grund dieser Klagen wurden in Daressalam mit dem Kurasini-Wasser Untersuchungen angestellt, die Folgendes ergaben: An der Oberfläche des unter Luftzutritt aufbewahrten Waseers setzte sich nach 2—3 Tagen eine hautartige Schicht von hauptsächlich kohlensaurem Kalk ab, die allmählich zu Boden sank. Dieser chemisch leicht erklärliche Vorgang, der sich ja häufig beobachten läßt, beeinträchtigt die Güte des Wassers in keiner Weise. Betreffs des Geruches wurde festgestellt, daß das in eisernen Tanks unter Luftzutritt aufbewahrte Wasser tatsächlich einen schwachen Geruch annahm, der etwas an Jodoform oder Jod erinnerte, während das in einem Glasgefäß unter Luftabschluß aufbewahrte Wasser selbst nach mehreren Monaten keinerlei Veränderungen erfuhr, also in jeder Beziehung einwandfrei blieb.

Über die Ursache des Geruches äußerte sich der Gouvernements-Chemiker Dr. Schellmann 1903 in einem dem Kaiserlichen Gouvernement erstatteten Gutachten dahin, daß beim Pumpen auch etwas von dem stagnierenden Brackwasser angesaugt würde, da während des Pumpens der Chlorgehalt in dem Süßwasser von 81 auf 255 mg (pro Liter) stiege. Das Brackwasser stehe in marinen Schichten, in denen jedenfalls die fossilen

Reste von jod- und bromhaltigen Algen vorhanden seien. Mit dem Brackwasser gelangten auch Verbindungen dieser Stoffe in das Süßwasser, die sich an der Luft zersetzen und dem Wasser den eigentümlichen, jodoformartigen Geruch verliehen. Trotz aller Sorgfalt gelang es jedoch SCHELLMANN nicht, einen dieser Stoffe in dem Wasser nachzuweisen.

Diese Erklärung war sehr plausibel; doch fehlte noch der Nachweis, daß tatsächlich nur vollkommen unschädliche Spuren von Jod die Ursache des Geruches waren. Dieser Beweis ist von Herrn Prof. Dr. GANS, dem Vorsteher des Laboratoriums der Königl. Geologischen Landesanstalt zu Berlin, geliefert worden. Dank dem Entgegenkommen des Kaiserl. Gouvernements zu Daressalam stand GANS eine größere Wassermenge aus dem Schiffswasserwerk zur Verfügung, deren Untersuchung folgendes Ergebnis hatte:

Aussehen des Wassers: klar, mit sehr geringem Satz.
Reaktion des Wassers: neutral (nach dem Kochen alkalisch).
Geruch des Wassers: nicht vorhanden.

Rückstand bei 180° C	803 mg pro Liter
Oxydierbarkeit (ermittelt durch den $KMnO_4$-Verbrauch	6,8 » » »
Chlor	280,5 » » »
Schwefelsäure (SO_3)	41,2 » » »
Jod	0,3—0,4 » » »
Kalk	79,0 » » »
Magnesia	28,1 » » »
Eisenoxyd und Tonerde	5,0 » » »
Ammoniak	sehr geringe Menge
Salpetersäure	nicht vorhanden
Salpetrige Säure	nicht vorhanden

Berechnete Gesamthärte in deutschen Graden: 11,8

Nach GANS enthält also das untersuchte Wasser 0,3—0,4 mg Jod, und zwar wohl in Form von Jodiden. Diese Jodide sind geruchlos. Erst wenn das Jod aus diesen Verbindungen freigemacht wird, ist es am Geruch erkennbar. Dies kann, wie GANS angibt, bei dem Kurasiniwasser dadurch geschehen, daß das

kochsalzhaltige Wasser in Verbindung mit dem Luftwasserstoff bei längerer Einwirkung geringe Eisenmengen von den Wänden des Tanks löst. Das entstehende Eisenchlorid setzt aber Jod aus den Jodverbindungen in Freiheit. Auch durch teilweise Oxydation von Jodiden in jodsaure Salze bei längerer Berührung mit der Luft kann Jod frei werden. Aus beiden Ursachen tritt der beobachtete Geruch bei dem Kurasiniwasser erst nach längerer Zeit auf. Gans hält es nach den Analysen-Ergebnissen für ausgeschlossen, daß die Jodide durch Vermischen von Meereswasser mit dem Kurasiniwasser in letzteres gelangen. Freilich gelang es Gans nicht, Jod in den kleinen Proben der marinen Knollenkalke nachzuweisen, obwohl in der heutigen Randlagune Tange, die ja als Jodsammler bekannt sind, in Menge vorkommen (*Halimeda* und verschiedene Kalkalgen) und man ähnliche biologische Verhältnisse auch wohl für die Pleistocänzeit annehmen darf.

Es mag noch erwähnt sein, daß die Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin, die auf unsere Bitte hin eine mikroskopische und bakteriologische Untersuchung des Wassers vorgenommen hat, auf diesem Wege nichts ermitteln konnte, was die dem Kurasini-Wasser eigentümliche Geruchsentwicklung erklärt.

Wie uns Herr Prof. Dr. Zaleski aus St. Petersburg freundlichst mitteilte, verhalten sich einige der im Kaukasus bei Borshom und Essentucki auftretenden, heilkräftigen Mineralquellen (Nr. 4 und 17) ähnlich wie das Kurasini-Wasser. Das Wasser dieser Quellen ist nämlich bei der Entnahme geruch- und geschmacklos, nimmt aber mitunter nach einiger Zeit, und zwar bei seiner Aufbewahrung in Flaschen, einen eigentümlichen, an Jod oder Jodoform erinnernden Geruch und Geschmack an. Da das Wasser dieser Quellen jodhaltig ist — das Wasser der Katharinen-Quelle zu Borshom[1]) enthält 0,51 mg und dasjenige der Quellen von Essentucki[2]) bis zu 0,55 mg Jod pro Liter —,

---

[1]) Der therapeutische Wert der Mineralwässer von Borshom. Bibliographie. St. Petersburg 1907, S. 8.

[2]) K. Rouguvitch: Les eaux minérales du Caucase. Guide des Excursions du VII Congrès Géologique International 1897, S. 16 und 17.

so dürfte auch hier der Jodgehalt den eigentümlichen Geruch veranlassen. Daß sich letzterer schon bei dem in Flaschen, also unter Luftabschluß, aufbewahrten Wasser einstellt, hängt vielleicht mit der hier vorhandenen größeren Menge Jod zusammen. Man kann sich den chemischen Vorgang so vorstellen, daß der beim Fülien der Flaschen hinzutretende Sauerstoff der Luft das im Wasser vorhandene Eisenoxydul allmählich in Eisenoxyd umwandelt, und daß dieses bezw. die Eisenoxydverbindungen Jod freimachen. Da es viele jodhaltige Quellen gibt, so ist es möglich, daß sich die beschriebenen Erscheinungen auch noch anderswo beobachten lassen.

Es besteht also kaum mehr ein Zweifel, daß der eigentümliche Geruch, den das Kurasini-Wasser nach einiger Zeit annimmt, durch seinen Jodgehalt verursacht wird. Letzterer ist aber so außerordentlich gering, daß das Wasser ohne Bedenken zur Versorgung der Stadt mit Trinkwasser benutzt werden kann. Bei dem schnellen Verbrauch und der ständigen Erneuerung kann es dabei unseres Erachtens gar nicht zur Entwicklung des Geruches kommen.

Um auch für die Schiffsversorgung völlig einwandfreies Wasser zu erlangen, wurde auf Grund des SCHELLMANN'schen Gutachtens, das ja durch die Untersuchungen von GANS im wesentlichen bestätigt worden ist, beschlossen, den unterirdischen Süßwasserstrom einige Kilometer landeinwärts zu verfolgen, indem TORNAU annahm, daß die das Jod enthaltenden pleistocänen, marinen Schichten landeinwärts entweder ganz verschwinden oder doch so zurücktreten würden, daß sie das Grundwasser nicht mehr beeinflussen könnten.

Es wurden durch TORNAU im ganzen noch 21 Bohrungen gestoßen (F, G_1 und G_2, H_1 und H_2, J_1 und J_2, K_1 bis K_4 und L_1 bis L_{10}), nd zwar bis zu einer Entfernung von ca. $3^1/_4$ km vom Strande; ihre Lage ist aus der Karte von Daressalam ersichtlich (vgl. auch die betreffenden Schichtenverzeichnisse und die Profile auf Tafel 2).

Über die geologischen Ergebnisse dieser Bohrungen ist im ersten Teile der Arbeit berichtet worden. Hier sei noch einmal

darauf hingewiesen, daß in dem untersuchten Gebiet die marinen, kalkführenden Schichten noch fast überall im Untergrunde vorhanden sind, und daß sie landeinwärts, wie das Profil II auf Tafel 2 erkennen läßt, überraschender Weise sogar bis etwa 15 m über Daressalamer Null ansteigen, während in den Bohrungen auf Kurasini ihre Oberkante bei etwa + 10 m liegt. Es besteht daher noch die Möglichkeit, daß bei einer Entfernung von $3^1/_4$ km vom Strande die marinen Schichten das Grundwasser beeinflussen. Wie auf Kurasini wird der Boden auch weiterhin von einem Flechtwerk teils mariner, teils fluviatiler, petrographisch sehr veränderlicher Schichten zusammengesetzt.

In hydrologischer Hinsicht hatten die neuen Bohrungen folgende Ergebnisse:

Die sandigen Schichten führen fast stets Grundwasser; meist wurden daher in jedem Bohrloche mehrere Grundwasserhorizonte angetroffen. Da die undurchlässigen Schichten, wie ein Blick auf die Profile I, II und IV zeigt, nicht immer auf große Entfernungen aushalten, sondern gelegentlich auskeilen, derart, daß stellenweise z. B. die Terrassensande in unmittelbare Berührung mit tieferen Sanden treten, so kommunizieren die verschiedenen Grundwasserhorizonte miteinander, und es gelangt auch wohl gelegentlich Oberwasser zu dem tieferen Grundwasser. Das erbohrte Grundwasser steht überall unter Druck; es stieg in den einzelnen Bohrrohren verschieden hoch, und zwar von geringfügigen, wahrscheinlich auf ungenauen Messungen beruhenden Schwankungen abgesehen, mit zunehmender Entfernung von der Küste immer etwas höher, ungefähr dem allmählichen Ansteigen des Geländes entsprechend.

Sehr häufig besteht der Grundwasserträger aus lehmigen, fein- bis mittelkörnigen, meist kalkfreien Sanden, die, durch den Bohrlöffel zutage gefördert, das Wasser nicht abgaben und einen schlammigen Brei bildeten (Schlammsande). Ein Pumpen gestatteten diese Sande nicht, da ihre feinen Bestandteile sofort den Filter verstopften. Naturgemäß war in diesen Sanden auch auf einen kräftigen Zufluß nicht zu rechnen. Das Profil II auf Tafel 2 läßt die große Verbreitung dieser Schichten im Untergrunde gut

erkennen. Abgesehen von den Terrassensanden, die ja überall zu oberst auftreten, finden sich reine, mittelkörnige Sande nur untergeordnet; diese enthielten fast stets gutes Wasser, so in den Bohrungen L_3 von 22,7 — 27,0 mit nur 113 mg Chlor und in L_7 von 20,0 — 22,5 m. Die einwandfreie Beschaffenheit des Wassers aus L_7 geht aus den folgenden Ergebnissen einer von SCHÖRNIG ausgeführten Analyse hervor:

Farbe	klar
Geruch	nicht vorhanden
Geschmack	gut
Oxydierbarkeit (ermittelt durch den $KMnO_4$-Verbrauch)	3,1 mg pro Liter
Chlor	28,4 » » »
Ammoniak	nicht vorhanden
Salpetrige Säure	» »
Salpetersäure	» »

Auch das in den kalkfreien Schlammsanden stehende Grundwasser war in den längs des Mkurutini-Weges gestoßenen Bohrungen, soweit es untersucht worden ist, meist arm an Chlor; so wies das von 26,75 — 30,0 m in L_1 auftretende Wasser nur 28 mg, dasjenige in L_5 von 23,0 — 36,0 m 28,6 mg Chlor auf. Anscheinend wird also der Chlorgehalt des in den kalkfreien Schlammsanden befindlichen und sich sicherlich nur wenig bewegenden Grundwassers landeinwärts geringer.Eine Abnahme des brakigen Wassers zeigte sich bereits in den zwischen Kurasini und dem Mkurutini-Wege niedergebrachten Bohrungen, und zwar von H_2 an westwärts. Stark salzig war nur das in den kalkigen Schlammsanden der Bohrung F_9 von 19,2 — 33,0 m befindliche Grundwasser, das1662 mg Chlor enthielt.

Besonderes Interesse verdienen die Bohrungen K_1 bis K_4 (vgl. das Profil III auf Tafel 2); diese ergaben in einer Tiefe von etwa 20 m einen bis 4 m mächtigen, aus reinen, z. T. sehr kiesigen Sanden bestehenden Grundwasserträger. Die folgenden Ergebnisse der von SCHÖRNIG ausgeführten Analysen zeigen, daß das Wasser in allen vier Bohrungen einwandfrei ist.

Wasser aus den Bohrlöchern:

	K_1	K_2	K_3	K_4
Farbe	klar	klar	klar	klar
Geruch	nicht vorh.	nicht vorh.	nicht vorh.	nicht vorh.
Geschmack . . .	gut	gut	gut	gut
Chlor	35,5 mg	106 mg	63,9 mg	81,6 mg pro Liter
Oxydierbarkeit (ermittelt durch den $KMnO_4$-Verbrauch)	7,5 »	8,2 »	6,3 »	5 » » »
Ammoniak	nicht vorh.	nicht vorh.	nicht vorh.	nicht vorh.
Salpetersäure . . .	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.
Salpetrige Säure . .	desgl.	desgl.	desgl.	desgl.
Härte in deutschen Graden	4,5	nicht best.	7,8	7,8

Die wie auf Kurasini durch längeres Pumpen ermittelten Wassermengen beweisen, daß wir es hier ebenfalls mit einem wahrscheinlich in einer alten Stromrinne kräftig fließenden Wasser zu tun haben, und daß hier ähnliche Wassermengen zur Verfügung stehen, wie in dem auf Kurasini durch die Bohrungen A_4 bis A_6 und C_4 bis C_6 festgestellten Strom. Möglicherweise ist mit den Bohrungen K_1 bis K_4 zufällig dieser Strom bezw. ein Zweig desselben getroffen worden.

Wie aus dem Profil III auf Tafel 2 hervorgeht, ist der Grundwasserträger aber auch hier noch von marinen Schichten umgeben, so daß sich die bei dem Kurasini-Wasser beobachtete Geruchsentwicklung vielleicht auch noch hier bei starker Wasserentnahme einstellen würde. Immerhin ist die Tatsache, daß hier im Untergrunde gutes Wasser in großen Mengen auftritt, von Bedeutung.

Die Bohrungen der Linien F—L haben also bis zu einer Entfernung von etwa $3\,^1/_4$ km vom Strande im großen und ganzen noch dieselben geologischen und hydrologischen Verhältnisse festgestellt, wie wir sie auf Kurasini in unmittelbarer Nähe der Küste kennen gelernt haben.

Da sich über das Verhalten der marinen Schichten noch weiter landeinwärts mangels jeglicher Aufschlüsse nichts sagen läßt, und da es wohl möglich ist, daß sie nach W. noch weiter aushalten, so wären nach unserm Dafürhalten am zweckmäßigsten entweder die Bohrungen C_4 bis C_6 oder K_1, K_2 und K_4 zu einer

Wasserversorgungsanlage der Stadt zu verwenden, falls nicht inzwischen in noch größerer Nähe von Daressalam zufällig ein gleichartiger Grundwasserstrom erbohrt sein sollte.

III. Schichten-Verzeichnisse der in die Karte von Daressalam eingetragenen Bohrungen von Brandes, Koert und Tornau.

Bohrloch A_1 auf Kurasini. (+ 14,9 m)[1])

0 — 4,5 m		Sand mit schwach lehmiger Verwitterungsdecke	Pleistocän
4,5— 6	»	Schwach lehmiger Sand	»
6 — 8,5	»	Grober Sand mit Brocken von sehr sandigem Lehm	»
8,5—10	»	Schwach toniger Sand, schlammig	»
10 —11,8	»	Sand	»
11,8—12,1	»	Lehmiger Sand	»
12,1—12,6	»	Sand	»
12,6—14,0	»	Toniger Sand, schlammig	»
14,0—16,5	»	Sand mit Brocken von lehmigem Sand	»
16,5—18,0	»	Grünlicher, grobsandiger Lehm	»
18,0—19,7	»	Schwach toniger Sand, schlammig	»
19,7—20,0	»	Grobsandiger Lehm	»
20,0—24,0	»	Kalkreicher Sand mit Kalkknollen und Foraminiferen	»
24,0—28	»	Sandiger Knollenkalk mit Foraminiferen	»

Bohrloch A_2 auf Kurasini. (+ 16,3 m)

0 — 4,3 m		Weißer Sand mit schwach lehmiger Verwitterungsdecke	Pleistocän
4,3— 6,2	»	Grober Sand mit Geröllen von grauem bis rötlichem, grobsandigem Lehm	»

[1]) Höhenlage des Bohrpunktes über Daressalamer Null.

6,2— 9,5	m	Schwach kalkiger, toniger Sand . . .	Pleistocän
9,5—13,5	»	Weißer Sand	»
13,5—15	»	Toniger Sand	»
15 —17	»	Sandiger, z. T. mergeliger Kalk	»
17 —24	»	Toniger Sand, kalkig, mit Quarzgeröllen und Kalkknollen; Foraminiferen führend	»
24 —25,3	»	Wasserführender Sand mit Quarzgeröllen, einzelnen Kalkknollen (diese mit Foraminiferen) und Bänkchen von kalkig-sandigem Lehm	»
25,3—36,3	»	Sande und Lehme mit Kalkknollen; z. T. feste Knollenkalke mit *Ostrea denticulata* Born. und Foraminiferen	»
36,3 ?	»	Riffkalk mit Korallenresten	»

Bohrloch A_3 auf Kurasini. (+ 16,36 m)

0 — 4,5	m	Sand	Pleistocän
4,5— 6,0	»	Grober Sand mit Geröllen von grob-sandigem, rotgeflecktem Lehm	»
6,0— 8,5	»	Sand mit Geröllen von stellenweise kalkigem Lehm	»
8,5—14	»	Sand	»
14,0—14,6	»	Grünlicher Lehm	»
14,6—16,0	»	Sandiger Knollenkalk	»
16,0—26,7	»	Kalkiger, schlammiger Sand mit Foraminiferen	»
26,7—28,3	»	Grober Sand mit Kalkknollen	»
28,3—33,3	»	Grünlicher, kalkiger Lehm mit Kalkknollen	»
33,3—33,5	»	Krystalliner Riffkalk mit zahlreichen Korallen.	»

Bohrloch A_4 auf Kurasini. (+ 16,38 m)

0 — 4,8	m	Sand	Pleistocän
4,8— 7,0	»	Grober Sand mit Geröllen von grobsandigem, rotfleckigen Lehm	»

7,0— 9,5	m	Kalkiger Lehm	Pleistocän
9,5—14,0	»	Sand	»
14,0—14,3	»	Grünlicher Lehm	»
14,3—19,0	»	Sandiger Knollenkalk	»
19,0—24,5	»	Kalkiger Sand mit Foraminiferen	»
24,5—24,6	»	Grünlicher Lehm	»
24,6—27,5	»	Lehmiger Sand, schlammig	»
27,5—30,5	»	Grober, wasserführender Sand	»
30,5—30,8	»	Quarzkies mit Brocken von Lehm	»
30,8—31,2	»	Eisenschüssiger, kalkiger, grobsandiger Lehm	»

Bohrloch A_5 auf Kurasini. (+ 16,3 m)

0 — 4,8	m	Sand	Pleistocän
4,8 — 8,2	»	Grober Sand mit Geröllen von grobsandigem, rotgeflecktem Lehm	»
8,2 — 9,15	»	Kalkstreifiger Lehm	»
9,15—14,0	»	Schwach kalkiger Sand	»
14,0 —14,2	»	Grünlicher Lehm mit groben Quarzkörnern	»
14,2 —16,2	»	Sandiger Kalk	»
16,2 —21,7	»	Wasserführender, kalkiger Sand mit Foraminiferen	»
21,7 —21,8	»	Lehmiger Sand	»
21,8 —30,0	»	Wasserführender, kalkiger Sand mit Kies an der Basis; zwischen 26,8 und 27,2 Lage von Austernschalen, wahrscheinlich *Ostrea denticulata* Born.	»
30,0 — ?		Gelber Lehm mit Kalkknollen und grobsandiger, kalkstreifiger Lehm	»

Bohrloch A_6 auf Kurasini. (+ 16,3 m)

0 — 4,8	m	Sand, bis 2,2 m Tiefe verwittert . . .	Pleistocän
4,8— 7,0	»	Grober Sand mit Geröllen von grobsandigem, rotgeflecktem Lehm	»
7,0— 9,0	»	Eisenschüssiger Lehm	»
9,0—13,6	»	Feiner Sand	»

13,6—13,9	m	Grünlicher, schwach kalkiger Lehm . .	Pleistocän
13,9—16,4	»	Sandiger Knollenkalk	»
16,4—24,5	»	Kalkiger, schlammiger Sand mit Foraminiferen	»
21,5—21,7	»	Grünlicher Lehm	»
21,7—26,8	»	Wasserführender Sand	»
26,8—27,2	»	Kalkiger, grünlicher Lehm	»
27,2—29,0	»	Etwas schlammiger Sand	»
29,0—29,7	»	Lehm mit Kalkknollen	»
29,7—30,2	»	Wasserführender Sand mit Brocken von grünlichem Lehm	»
30,2—35,6	»	Sandiger Knollenkalk mit Foraminiferen	»
35,6—35,8	»	Krystalliner Riffkalk	»

Bohrloch A_7 auf Kurasini. (+ 15,9 m)

0 — 6,0	m	Sand mit schwach lehmiger Verwitterungsdecke	Pleistocän
6,0— 9,0	»	Grober Sand mit Geröllen eines grobsandigen, oben (bis 6,6 m) rotfleckigen, unten grünlichen Lehms	»
9,0—13,0	»	Wasserführender Sand, oben tonig, unten rein	»
13,0—14,2	»	Sand mit Brocken von sehr sandigem Lehm	»
14,2—18,0	»	Sandige Knollenkalke	»
18,0—24,0	»	Kalkiger, toniger Sand, schlammig, mit Foraminiferen	»
24,0—24,2	»	Toniger Sand	»
24,2—29	»	Sand mit Kalkknollen, nach unten in festen, sandigen Kalk übergehend.	»

Bohrloch A_8 auf Kurasini. (+ 15,4 m)

0 — 6	m	Sand	Pleistocän
6 — 6,5	»	Grober Sand mit Lehmgeröllen	»
6,5— 8,0	»	Sand	»
8,0—10,4	»	Kalkiger Lehm	»

10,4—15,0	m	Sand, wasserführend	Pleistocän
15,0—15,2	»	Kalkiger Lehm	»
15,2—16,6	»	Sandiger Knollenkalk	»
16,6—17,0	»	Kalkiger Lehm	»
17,0—20,0	»	Wasserführender Sand mit Lehmbrocken	»
20,0—25,0	»	Kalkig-toniger Schlammsand mit Foraminiferen	»
25,0—34,2	»	Sandiger Knollenkalk, zu unterst Kalksand mit Kalkknollen und Foraminiferen	»
34,2—34,5	»	Krystalliner Riffkalk.	»

Bohrloch A_9 auf Kurasini. (+ 15,4 m)

0 — 8	m	Sand.	Pleistocän
8 — 8,7	»	Grobsandiger Lehm	»
8,7—12,4	»	Sand mit Lehmgeröllen	»
12,4—13,4	»	Kalkiger Lehm	»
13,4—15,8	»	Sand, wasserführend	»
15,8—16,7	»	Eisenschüssiger Lehm	»
16,7—18,8	»	Sand mit wenig Wasser	»
18,8—23,5	»	Lehm	»
23,5—26,0	»	Sand, wasserführend	»

Bohrloch B_1 auf Kurasini. (ca. + 17 m)

0— 0,5	m	Humoser Sand	Pleistocän
0,5— 5,2	»	Sand	»
5,2— 5,7	»	Sand mit Geröllen von oben rotfleckigem, unten grünlichgrauem Lehm	»
5,7— 7,2	»	Sand	»
7,2— 9,0	»	Grünlicher Lehm mit Kalkstreifen und Kalkknollen	»
9,0—11,5	»	Kalkiger, grobsandiger, grünlicher Lehm	»
11,5—12,5	»	Feiner Sand	»
12,5—14,2	»	Gröberer Sand mit Brocken von sehr sandigem Lehm	»
14,2—14,6	»	Grobsandiger, grünlicher Lehm	»
14,6—18,3	»	Oben Ton, unten Sand mit Kalkknollen	»

18,3—22,3	m	Kalkiger, toniger Sand	Pleistocän
22,3—22,7	»	Grobsandiger, grünlicher Lehm	»
22,7—28,6	»	Sand	»
28,6—28,8	»	Grünlicher Lehm	»
28,8—29,2	»	Sand	»
29,2—29,6	»	Grünlicher, etwas eisenschüssiger Lehm	»

Bohrloch B_2 auf Kurasini. (ca. + 17 m)

0— 0,5	m	Schwach humoser Sand	Pleistocän
0,5— 4,8	»	Sand, oben bräunlich, von 4 m ab weiß	»
4,8— 5,6	»	Grober Sand mit Geröllen von grobsandigem, rotstreifigen Lehm	»
5,6— 9,5	»	Lehm mit Kalkknauern	»
9,5—11,4	»	Kalkiger Lehm	»
11,4—14,7	»	Feiner Sand	»
14,7—17,8	»	Sandige Knollenkalke mit *Pecten sp.*	»
17,8—21,9	»	Kalkiger Sand, wasserführend	
21,9—22,3	»	Toniger Sand	»
22,3—27,0	»	Sand, wasserführend	»
27,0—27,3	»	Toniger Sand	»
27,3—30,1	»	Sand, wasserführend	»
30,1—31,0	»	Grünlicher Lehm	»

Bohrloch B_3 auf Kurasini. (ca. + 17 m)

0— 0,5	m	Humoser Sand	Pleistocän
0,5— 5	»	Sand	»
5 — 5,8	»	Grober Sand mit Geröllen von rotfleckigem, grobsandigem Lehm	»
5,8— 6,4	»	Feiner Sand	»
6,4— 6,8	»	Grobsandiger Lehm	»
6,8— 7,0	»	Schwach toniger Sand	»
7,0—11,6	»	Kalkiger Lehm	»
11,6—12,5	»	Schwach kalkiger, toniger Sand	»
12,5—13,8	»	Lehm	»
13,8—14,0	»	Sand, z. T. sehr fein	»
14,0—14,5	»	Lehm mit Kalkknauern	»

14,5—18,5	m	Sandiger Knollenkalk	Pleistocän
18,5—20,7	»	Kalkig-toniger Sand (mit Foraminiferen)	»
20,7—21,4	»	Lehm	»
21,4—21,7	»	Kalkig-toniger Sand	»
21,7—23,0	»	Lehm	»
23,0—27,3	»	Toniger Sand	»
27,3—27,4	»	Lehm	»
27,4—30,4	»	Sand, unten mit größeren Quarzkieseln	»
30,4—30,6	»	Lehm	»

Bohrloch B_4 auf Kurasini. (ca. + 17 m)

0— 0,5	m	Humoser Sand	Pleistocän
0,5— 4,6	»	Schwach lehmiger, rotbrauner Sand	»
4,6— 4,8	»	z. T. grober Sand	»
4,8— 5,8	»	Oben durch Verwitterung rotgefleckter, unten grauer Lehm	»
5,8— 6,6	»	Sand	»
6,6— 8,0	»	Sand mit Brocken von kalkfreiem Lehm	»
8,0—11,6	»	Kalkstreifiger Lehm mit Kalkknollen	»
11,6—12,0	»	Feiner Sand	»
12,0—14,5	»	Lehm	»
14,5—17,4	»	Sandiger Knollenkalk	»
17,4—17,9	»	Wasserführender Sand	»
17,9—18,2	»	Lehm	»
18,2—22,5	»	Kalkiger, etwas toniger Sand, wasserführend	»
22,5—26,8	»	Wasserführender Sand	»
26,8—27,0	»	Kalkiger Lehm	»
27,0—28,4	»	Sand mit Austernschalresten	»
28,4—28,9	»	Lehm	»
28,9—30,7	»	Sand	»
30,7—30,9	»	Lehm	»

Bohrloch C_1 auf Kurasini. (+ 18,0 m)

0— 5,2	m	Sand	Pleistocän
5,2— 6,4	»	Grober Sand mit Geröllen von rotgefleckten, grobsandigen Lehm	»

6,4—10,0	m	Grobsandiger, eisenschüssiger Lehm . .	Pleistocän
10,0—15,0	»	Grünlicher, kalkhaltiger Lehm	»
15,0—15,3	»	Grober Sand mit einzelnen Kalkknollen	»
15,3—22,0	»	Kalkig-toniger Sand, schlammig, mit einzelnen Kalkknollen	»
22,0—25,2	»	Kalkreicher Sand mit einzelnen Kalkknollen	»
25,2—31,0	»	Sandiger Knollenkalk, z. T. grobsandig und wasserführend	»

Bohrloch C_2 auf Kurasini. (+ 17,8 m)

0— 6,3	m	Sand	Pleistocän
6,3— 6,5	»	Lehmiger, graugrünlicher Sand	»
6,5— 7,0	»	Sand	»
7,0— 7,9	»	Toniger Sand	»
7,9— 9,9	»	Sandstreifiger Lehm	»
9,9—12,0	»	Lehm mit Kalkstreifen	»
12,0—14,5	»	Kalkiger Schlammsand	»
14,5—20,0	»	Sand mit Knollen von sandigem Kalk	»
20,0—23,0	»	Kalkiger Schlammsand	»
23,0—23,6	»	Wasserführender Sand	»
23,6—23,9	»	Kalkiger Schlammsand	»
23,9—25,0	»	Grober Sand mit Kalkknauern	»
25,0—25,5	»	Kalkiger Schlammsand	»
25,5—26,8	»	Sandiger Kalk	»
26,8—30,0	»	Wasserführender kalkiger Sand	»
30,0— ?	»	Kalkiger Schlammsand mit Knollen von sandigem Kalk	»

Bohrloch C_3 auf Kurasini. (+ 17,7 m)

0— 6,5	m	Sand, dicht unter Flur mit Kopal . .	Pleistocän
6,5— 7,5	»	Grober Sand mit Geröllen von grobsandigem Lehm	»
7,5—10,8	»	Lehm	»
10,8—11,3	»	Kalkiger Sand	»
11,3—14,3	»	Lehm mit Kalkknollen	»

14,3—16,0	m	Sandiger Knollenkalk	Pleistocän
16,0—18,0	»	Kalkiger Lehm mit Kalkknollen	»
18,0—24,2	»	Toniger Sand, schlämmig	»
24,2—26,8	»	Sand mit Kalkknauern, wasserführend	»
26,8—30,0	»	Sandiger Knollenkalk	»

Bohrloch C_4 auf Kurasini. (+ 17,5 m)

0— 6,2	m	Sand	Pleistocän
6,2 — 7,75	»	Grober Sand mit Geröllen von grünlichem, rotgefleckten, sandigen Lehm	»
7,75— 8,1	»	Grober Sand	»
8,1 —11,7	»	Sehr sandiger Lehm, von 8,1—8,2 rotgefleckt	»
11,7 —17,5	»	Sandiger Knollenkalk	»
17,5 —19,5	»	Wasserführender Sand mit Kalkknollen	»
19,5 —24,0	»	Tonig-kalkiger Sand (Schlammsand)	»
24,0 —26,5	»	Sand mit einzelnen Kalkknollen und Austernschalresten	»
26,5 —26,85	»	Lehmiger Sand mit Kalkknollen	»
26,85—27,75	»	Lehm, schwach kalkig, mit Kieslagen	»
27,75—28,0	»	Sandiger Knollenkalk	»
28,0 —31,0	»	Kalkiger Sand, geht nach unten in sandigen Knollenkalk über (in diesem bei 28,8 m Korallenreste)	»

Bohrloch C_5 auf Kurasini. (+ 17,6 m)

0— 6,2	m	Sand	Pleistocän
6,2—12,2	»	Sand mit Geröllen von rotgeflecktem, tiefer grünlichem Lehm	»
2,2—15,2	»	Lehm mit Kalk	»
15,2—18,0	»	Sandiger Knollenkalk	»
18,0—19,5	»	Kalkiger Sand mit Kalkknauern	»
19,5—24,6	»	Kalkig-toniger Sand, schlammig, mit *Balanus sp.*	»
24,6—27,5	»	Sand, etwas schlammig	»
27,5—28,0	»	Lehm mit Kalkknollen und Austernschalresten	»

28,0—28,6	m	Kalkiger Sand mit *Ostrea denticulata* Born.	Pleistocän
28,6—28,9	»	Eisenschüssiger, kalkiger Lehm	»
28,9—31,5	»	Sand mit Brocken von Lehm	»

Bohrloch C_6 auf Kurasini. (+ 17,5 m)

0— 7	m	Sand	Pleistocän
7 — 7,2	»	Sand mit Geröllen von Lehm	»
7,2— 9,6	»	Sand	»
9,6—11,6	»	Grünlichgrauer Lehm	»
11,6—15,8	»	Grünlichgrauer, kalkiger Lehm mit Kalkknollen, z. T. schlammig	»
15,8—16,0	»	Lage von sandigem Knollenkalk	»
16,0—19,0	»	Kalkig-toniger Sand, schlammig	»
19,0—20,5	»	Kalkiger Sand	»
20,5—24,3	»	Grünlichgrauer Lehm	»
24,3—26,5	»	Toniger Sand, wasserführend	»
26,5—26,7	»	Lage von Kalkknollen in grünlichem Lehm	»
26,7—28,5	»	Grober kalkiger Sand mit Kalkknauern und Austernschalresten, wasserführend	»
28,5—28,7	»	Grünlicher Lehm	»
28,7—30,0	»	Schwach kalkiger Sand	»
30,0—31,0	»	Grünlicher Lehm	»
31,0—36,0	»	Lehm mit Kalkknollen	»
36,0—39,0	»	Sand mit Kalkknollen	»

Bohrloch C_7 auf Kurasini. (+ 17,4 m)

0— 6	m	Sand	Pleistocän
6 — 9	»	Grober Sand mit Geröllen von Lehm, die bis 7 m rotgefleckt, tiefer grünlich sind	»
9 —16	»	Grünlicher Lehm	»
16 —20	»	Sand mit Kalkknollen, wasserführend	»
20 —22	»	Wasserführender, kalkiger Sand	»
22 —29,0	»	Kalkiger, schlammiger Sand	»
29,0—30,0		Lehm mit Kalkknollen, schlammig	»
30,0—32,0	»	Fester Lehm mit Kalkknollen	»

Bohrloch D_1 auf Kurasini. (+ 17 bis 20 m)

0— 6,5	m	Sand	Pleistocän
6,5— 9,0	»	Sand mit Geröllen von Lehm	»
9,0—13,7	»	Lehm mit Kalkbrocken	»
13,7—15,0	»	Kalkiger Lehm	»
15,0—17,5	»	Sandiger Knollenkalk	»
17,5—24,0	»	Kalkig-toniger Sand	»
24,0—29,0	»	Sand mit Kalkknauern	»
29,0—33,0	»	Sandiger Knollenkalk	»
33,0— ?	»	Kalkiger, schlammiger Sand	»

Bohrloch D_2 auf Kurasini. (+ 17 bis 20 m)

0— 7,3	m	Sand	Pleistocän
7,3 — 9,5	»	Sand mit Geröllen von grobsandigem Lehm	»
9,5 —12,5	»	Fester, grünlichgrauer Lehm	»
12,5 —13,7	»	Grünlicher Lehm mit Kalkbrocken	»
13,7 —15,0	»	Grünlichgrauer, grobsandiger Lehm	»
15,0 —17,0	»	Sandiger Knollenkalk	»
17,0 —18,0	»	Sand mit Kalkknollen und *Pecten plicatus* Chemn.	»
18,0 —24,5	»	Kalkig-toniger Sand, schlammig	»
24,5 —26,0	»	Sand, wasserführend	»
26,0 —26,3	»	Lehm mit Kalkknollen	»
26,3 —26,35	»	Knollenkalk mit *Ostrea denticulata* Born.	»
26,35—29,0	»	Wasserführender Sand mit einzelnen Kalkknollen und Foraminiferen	»
29,0 —29,05	»	Lage von Austernschalen (*Ostrea denticulata* Born.)	»
29,05—32,0	»	Grober, wasserführender Sand mit zahlreichen, bis haselnußgroßen Quarzgeröllen	»
32,0 —32,05	»	Bänkchen von grobsandigem Lehm	»
32,05—32,5	»	Quarzkies, wasserführend	»
32,5 —33,0	»	Grobsandiger Lehm	»

Bohrloch D_3 auf Kurasini. (+ 17 bis 20 m)

0— 7,5	m	Sand	Pleistocän
7,5— 9,5	»	Lehm, grobsandig	»
9,5—12,3	»	Eisenschüssiger, feinsandiger Lehm	»
12,3—14,0	»	Lehm mit Kalkknollen	»
14,0—15,5	»	Sand, fein	»
15,5—18,5	»	Kalkstreifiger Lehm	»
18,5—23,5	»	Kalkig-toniger Sand	»
23,5—26,0	»	Lehmiger, z. T. grober Sand	»
26,0—26,2	»	Lehm, kalkstreifig mit Kalkknollen	»
26,2—29,0	»	Sand mit Kalkknauern	»
29,0—34,0	»	Sandiger Knollenkalk	»

Bohrloch E auf Kurasini. (+ 17 bis 20 m)

0— 6,7	m	Sand	Pleistocän
6,7— 8,0	»	grobsandiger Lehm	»
8,0— 9,7	»	Grober Sand mit Kalkknollen und Foraminiferen	»
9,7—13,0	»	Kalkreicher Lehm mit Kalkknollen	»
13,0—14,7	»	Kalkiger Lehm	»
14,7—16,0	»	Kalkig-toniger Sand mit Foraminiferen	»
16,0—20,5	»	Sandiger Knollenkalk	»
20,5—22,0	»	Kalkig-toniger Sand (Schlammsand)	»
22,0—26,5	»	Wasserführender Sand	»
26,5—27,0	»	Kalkiger Lehm mit Kalkknollen	»
27,0—29,0	»	Grober Sand mit Kalkknollen und Austernresten (*Ostrea denticulata* Born.), wasserführend	»
29,0—30,5	»	Schwach kalkiger Sand	»
30,5—31	»	Grobsandiger Lehm mit bohnengroßen Kieseln	»

Bohrloch F auf Kurasini. (+ 19,0 m)

0— 4,0	m	Sand	Pleistocän
4,0— 5,0	»	Sand mit Geröllen von sehr sandigem Lehm	»

5,0— 8,0	m	z. T. rotgefleckter, grobsandiger Lehm mit Sandstreifen	Pleistocän
8,0—10,0	»	Sand mit Geröllen von grobsandigem Lehm	»
10,0—13,0	»	Grünlichgrauer, kiesiger Lehm mit Kalkknauern	»
13,0—13,5	»	Kiesiger Sand mit Lehmbrocken	»
13,5—16,6	»	Schlammiger, lehmiger Sand	»
16,6—21,0	»	Wasserführender, stark kiesiger Sand	»
21,0—21,3	»	Grünlichgrauer, grobsandiger Lehm	»
21,3—25,0	»	Grober, schwach lehmiger Sand	»
25,0—31,0	»	Kiesiger, gelblicher Lehm mit Kalkknollen	»
31,0—34,5	»	Sandiger Knollenkalk mit Korallen und Foraminiferen	»

Bohrloch G_1 auf Kurasini. (+ 15,7 m)

0—17,5	m	Sand, z. T. kiesig	Pleistocän
17,5—28,7	»	Hellbrauner und grünlichgrauer, sehr sandiger Lehm	»
28,7—32,0	»	Hellgrauer, schwach kalkiger, sehr sandiger Lehm	»
32,0—33,8	»	Hellbrauner, lehmiger Sand, schwach kalkig	»
33,8—34,5	»	Braunrotgefleckter, grünlichgrauer, grobsandiger bis kiesiger Lehm	»

Bohrloch G_2 auf Kurasini. (+ 17,1 m)

0—19,0	m	Sand	Pleistocän
19,0 —22,7	»	Sand mit Geröllen von hellgrauem, sehr sandigen Lehm	»
22,7 —24,0	»	Grünlichgrauer, grobsandiger Lehm	»
24,0 —25,5	»	Sand, wasserführend	»
25,5 —29,5	»	Schwach lehmiger, schlammiger Sand	»
29,5 —30,0	»	Grünlichgrauer, z. T. braunrot gefärbter, sandiger Lehm, zu unterst kalkig	»
30,0 —30,15	»	Sandiger Kalk	»

Bohrloch H_1 westlich der katholischen Missionsstation unweit der nach Kilwa führenden Telegraphenlinie.
(+ 16,2 m)

0—11,0	m	Sand	Pleistocän
11,0—11,8	»	Sehr kiesiger Sand mit Geröllen von sehr sandigem Lehm	»
11,8—16,5	»	Schwach kiesiger Sand	»
16,5—20,5	»	Grünlichgrauer, grobsandiger Lehm	»
20,5—25,7	»	Sandiger Knollenkalk mit Lehmstreifen	»
25,7—29,8	»	Grünlichgrauer, grobsandiger, z. T. kalkiger Lehm	»
29,8—31,3	»	Lehm mit Kalk	»
31,3—32,5	»	Kalkiger, lehmiger Sand, schlammig	»
32,5—33,2	»	Grauer, sehr sandiger Lehm	»

Bohrloch H_2 westlich der katholischen Missionsstation unweit der nach Kilwa führenden Telegraphenlinie.
(+ 16,8 m)

0—10,0	m	Sand	Pleistocän
10,0 —19,6	»	Kiesiger Sand mit Geröllen von sehr sandigem Lehm	»
19,6 —24,0	»	Sehr kalkreicher Lehm	»
24,0 —25,0	»	Kalkiger Sand, wasserführend	»
25,0 —25,5	»	Grauer, sandiger, schwach kalkiger Lehm	»
25,5 —26,2	»	Schlammiger Sand	»
26,2 —28,0	»	Grauer, sehr sandiger Lehm	»
28,0 —30,0	»	Lehm mit Kalk	»
30,0 —33,0	»	Schlammiger Sand	»
33,0 —33,75	»	Gelblicher, sehr sandiger Lehm	»

Bohrloch J_1 etwa $1^3/_4$ km südsüdöstlich der Quelle auf Grasse's Schamba. (+ 18,5 m)

0—11,3	m	Sand	Pleistocän
11,3—14,0	»	Hellgrauer, sehr sandiger Lehm	»
14,0—20,0	»	Schwach toniger Sand, wasserführend	»

20,0—26,0 m	Feiner, toniger Sand, schlammig . . .	Pleistocän
26,0—28,0 »	Gelblichgrauer, fester, kalkiger Lehm mit Kalkknauern	»
28,0—28,3 »	Grauer Ton	»
28,3—28,5 »	Eisenschüssiger Lehm	»
28,5—30,3 »	Sand, wasserführend	»
30,3—30,5 »	Grauer, sandiger Lehm	»
30,5—32,0 »	Sand, wasserführend	»
32,0—33,0 »	Grauer, sandiger Lehm	»

Bohrloch J_2 etwa $1^3/_4$ km südsüdöstlich der Quelle auf Grasse's Schamba. (+ 17,5 m)

0—20,0 m	Sand, von 10,3—12,0 stark kiesig . .	Pleistocän
20,0—24,7 »	Toniger, feiner Sand	»
24,7—26,8 »	Feinsandiger, kalkiger Lehm	»
26,8—28,0 »	Grauer Ton (von 27,3 ab eisenschüssig)	»
28,0—29,3 »	Sand, wasserführend	»
29,3—30,7 »	Grauer, sandiger Lehm	»

Bohrloch K_1 etwa $1^1/_4$ km südlich der Pugu-Straße und ca. 400 m östlich des Mkurutini-Weges. (+ 24,5 m)

0— 7,0 m	Sand	Pleistocän
7,0—11,3 »	Rotgefleckter, sehr sandiger Lehm	»
11,3—12,0 »	Grober Sand	»
12,0—17,0 »	Sehr sandiger Lehm	»
17,0—18,0 »	Kiesiger, schwach kalkiger Sand, wasserführend	»
18,0—19,3 »	Grober Sand, wasserführend	»
19,3—19,4 »	Grünlichgrauer, sandiger Lehm	»
19,4— ? »	Kalkiger, schwach toniger Sand (Schlammsand)	»

Bohrloch K_2 etwa $1^1/_4$ km südlich der Pugu-Straße und ca. 400 m östlich des Mkurutini-Weges. (ca. + 24,0 m)

0— 6,0 m	Sand	Pleistocän
6,0—11,0 »	Hellgrauer, sehr sandiger Lehm	»
11,0—16,5 »	Grobsandiger, eisenschüssiger Lehm	»

16,5—17,2	m	Grober Kies und Sand, wasserführend .	Pleistocän
17,2—18,0	»	Gelblicher, grobsandiger Lehm	»
18,0—19,0	»	Lehmiger Sand, schlammig	»
19,0—22,0	»	Sehr kiesiger Sand, wasserführend	»
22,0—23,5	»	Toniger, feiner Sand mit Kalkknollen	»
23,5—36,5	»	Sehr sandiger Kalk	»

Bohrloch K_3 etwa $1^1/_4$ km südlich der Pugu-Straße und ca. 400 m östlich des Mkurutini-Weges. (+ 23,9 m)

0— 6,0	m	Heller Sand	Pleistocän
6,0 —10,75	»	Grobsandiger Lehm	»
10,75—15,0	»	Grauer und gelblicher,sandiger Lehm	»
15,0 —17,0	»	Sand und Kies, wasserführend, von 15,0—16,5 lehmig	»
17,0 —18,1	»	Grobsandiger Lehm	»
18,1 —22,0	»	Grober Sand, wasserführend	»

Bohrloch K_4 etwa $1^1/_4$ km südlich der Pugu-Straße und ca. 400 m östlich des Mkurutini-Weges. (+ 23,9 m)

0— 6,0	m	Sand	Pleistocän
6,0—10,5	»	Hellgrauer, sehr sandiger Lehm	»
10,5—13,5	»	Rotgefleckter, sehr sandiger Lehm	»
13,5—15,0	»	Grünlichgrauer Lehm mit Kalkknollen	»
15,0—16,3	»	Mürber, unreiner Kalk	»
16,3—18,0	»	Sehr sandiger Kalk	»
18,0—19,7	»	Grober, sehr kalkiger, wasserführender Sand mit Foraminiferen	»
19,7—20,5	»	Sehr sandiger Lehm	»
20,5—25,0	»	Sandiger Kalk, z. T. ganz erfüllt von Foraminiferen	»

Bohrloch L_1 am Mkurutini-Wege. (+ 29,4 m)

0— 6,0	m	Sand	Pleistocän
6,0—19,5	»	Sand, von 6,0—14,0 m mit Brocken von sehr sandigem Lehm, von 14,0—16,3 m schlammig	»
19,5—24,5	»	Sandiger Lehm	»
24,5—30,0	»	Lehmiger Sand (Schlammsand)	»

Bohrloch L_2 am Mkurutini-Wege. (+ 25,5 m)

0— 6,20	m	Sand, von 5 m ab kiesig	Pleistocän
6,20— 7,5	»	Grobsandiger Lehm	»
7,5 —17,0	»	Grober, etwas lehmiger Sand (schlammig)	»
17,0 —17,5	»	Sandiger Lehm	»
17,5 —20,5	»	Toniger Sand (Schlammsand)	»
20,5 —22,5	»	Rotgefleckter sandiger Lehm	»
22,5 —23,1	»	Schwach lehmiger Sand (Schlammsand)	»
23,1 —23,9	»	Gelbgefleckter Lehm	»
23,9 —24,7	»	Lehmiger Sand (Schlammsand)	»
24,7 —25,8	»	Gelbgefleckter Lehm	»
25,8 —27,75	»	Kiesiger, wasserführender Sand, von 26,5 m ab etwas lehmig (schlammig)	»
27,75—31,8	»	Schwach lehmiger, fein- bis grobkörniger Sand (Schlammsand)	»
31,8 —33,5	»	Sandiger Lehm	»
33,5 —37,0	»	Schwach lehmiger Sand (Schlammsand)	»

Bohrloch L_3 am Mkurutini-Wege. (+ 25,1 m)

0— 8,0	m	Sand	Pleistocän
8,0—19,0	»	Schwach toniger Sand, wasserführend	»
19,0—20,0	»	Eisenschüssiger Lehm	»
20,0—22,7	»	Schwach toniger, feiner Sand (Schlammsand)	»
22,7—27,0	»	Mittel- bis grobkörniger Sand, wasserführend	»
27,0—27,2	»	Eisenschüssiger sandiger Lehm	»
27,2—29,0	»	Schwach toniger Sand (Schlammsand)	»
29,0—31,8	»	Gelblich gefleckter, sandiger Lehm	»
31,8—33,5	»	Schwach lehmiger Sand (Schlammsand)	»
33,5—35,0	»	Gelblichgrauer, sandiger Lehm	»
35,0—36,0	»	Toniger, feiner Sand (Schlammsand)	»
36,0—36,3	»	Sehr toniger feiner Sand	»
36,3—42,0	»	Schwach toniger, feiner Sand (Schlammsand)	»

Bohrloch L_4 am Mkurutini-Wege. (+ 24,8 m)

0— 5,0	m	Sand	Pleistocän
5,0 — 8,0	»	Grauer, sehr sandiger Lehm	»
8,0 —13,5	»	Schwach toniger Sand (Schlammsand); von 11,0 m ab reiner Sand	»
13,5 —14,5	»	Hellgrauer Lehm mit Streifen von Feinsand	»
14,5 —19,5	»	Lehmiger Sand (Schlammsand)	»
19,5 —19,75	»	Grünlichgrauer, sandiger Lehm	»
19,75—23,8	»	Lehmiger Sand (Schlammsand)	»
23,8 —26,3	»	Grauer, sandiger Lehm mit bräunlichgelben Flecken	»
26,3 —28,0	»	Schwach lehmiger, mittel- bis grobkörniger Sand (Schlammsand)	»
28,0 —29,0	»	Sandiger Lehm mit gelblichen Flecken	»
29,0 —30,0	»	Schwach lehmiger, mittel- bis grobkörniger Sand (schlammig)	»
30,0 —30,8	»	Sandiger Lehm mit Sandstreifen	»
30,8 —31,0	»	Toniger, kalkiger, feiner Sand (Schlammsand)	»

Bohrloch L_5 am Mkurutini-Wege. (+ 24,8 m)

0— 4,5	m	Sand	Pleistocän
4,5—12,5	»	Grauer, sehr sandiger Lehm	»
12,5—15,0	»	Toniger Sand (Schlammsand)	»
15,0—23,0	»	Eisenschüssiger Lehm	»
23,0—36,0	»	Schwach toniger Sand (Schlammsand)	»

Bohrloch L_6 am Mkurutini-Wege. (+ 25,0 m)

0— 4,3	m	Sand	Pleistocän
4,3 —10,5	»	Gelblichgefleckter, sehr sandiger Lehm	»
10,5 —10,75	»	Schwach kiesiger, etwas lehmiger Sand	»
10,75—15,0	»	Gelblichgrauer Lehm	»
15,0 —20,0	»	Toniger Sand (Schlammsand)	»
20,0 —22,3	»	Lehm, von 20,0—20,5 m eisenschüssig	»
22,3 — 29,5	»	Lehmiger Sand (Schlammsand)	»

Bohrloch L_7 am Mkurutini-Wege. (+ 24,9 m)

0— 4,0	m	Sand	Pleistocän
4,0— 7,5	»	Grauer, kiesiger Lehm	»
7,5— 9,0	»	Rot- und gelbgefleckter Lehm	»
9,0—10,0	»	Sand, mit etwas Wasser	»
10,0—13,0	»	Gelblichgrauer, sandiger Lehm	»
13,0—19,5	»	Toniger Sand (Schlammsand)	»
19,5—20,0	»	Lehm	»
20,0—22,5	»	Kiesiger Sand, von 20,0—20,5 m mit Brocken von sehr sandigem Lehm	»

Bohrloch L_8 am Mkurutini-Wege. (+ 24,5 m)

0— 4,0	m	Sand	Pleistocän
4,0 — 5,5	»	Grauer, grobsandiger Lehm	»
5,5 — 6,3	»	Sand mit Brocken von sandigem Lehm	»
6,3 — 7,75	»	Oben braunrot gefleckter, von 7,5 m ab grünlichgrauer Lehm	»
7,75— 8,0	»	Sand	»
8,0 —14,0	»	Lehm	»
14,0 —17,2	»	Toniger Sand (Schlammsand)	»
17,2 —18,75	»	Gelblicher, sandiger Lehm	»
18,75—19,75	»	Schwach lehmiger, fein- bis grobkörniger Sand	»
19,75—20,5	»	Kiesiger Lehm	»
20,5 —37,5	»	Lehmiger z. T. schwach kiesiger Sand (Schlammsand)	»
37,5 —38,0	»	Eisenschüssiger Lehm	»
38,0 —39,3	»	Sandiger Kalk	»
39,3 —40,0	»	Kalkiger, toniger Sand (Schlammsand)	»
40,0 —43,5	»	Gelblichgrauer, sehr sandiger Lehm	»
43,5 —45,8	»	Lehm, von 43,5—44,0 m ziegelrot geflammt	»
45,8 —50,0	»	Schwach toniger Sand (Schlammsand)	»

Bohrloch L_9 am Mkurutini-Wege. (+ 24,2 m)

0— 3,75	m	Sand	Pleistocän
3,75— 5,5	»	Grauer, sehr sandiger Lehm	»
5,5 — 9,0	»	Grünlichgrauer Lehm	»
9,0 — 9,5	»	Sandiger Kalk	»
9,5 —11,7	»	Kalkig-toniger Sand (Schlammsand) mit Foraminiferen	»
11,7 —12,4	»	Sandiger Kalk mit *Ostrea sp.*	»
12,4 —14,2	»	Kalkig-toniger Sand (Schlammsand) mit Foraminiferen	»
14,2 —18,0	»	Kalk	»
18,0 —19,2	»	Grobsandiger Lehm mit Kalkknauern	»
19,2 —33,0	»	Lehmiger, kalkreicher, fein- bis grobkörniger Sand (Schlammsand) mit Foraminiferen	»

Bohrloch L_{10} an der Pugu-Straße. (+ 26,2 m)

0—10,0	m	Sand	Pleistocän
10,0—12,0	»	Grünlichgrauer, z. T. rostfleckiger, sandiger Lehm	»
12,0—15,0	»	Lehm mit mürbem Kalk	»
15,0—34,0	»	Schwach toniger Sand (Schlammsand)	»
34,0—36,0	»	Sehr sandiger Knollenkalk	»

Bohrloch im Hofe des Unteroffizierkasinos. (ca. + 12 m)

0— 4	m	Sand	Pleistocän
4 — 5,5	»	Sand mit Geröllen von Lehm, Wasser führend	»
5,5 — 8,2	»	Grünlicher Lehm	»
8,2 — 8,9	»	Wasserführender Sand	»
8,9 — 9,0	»	Grünlicher, kalkhaltiger Lehm	»
9,0 —11,3	»	Sand mit wenig Wasser	»
11,3 —13,25	»	Kalkstreifiger, toniger Sand bis Lehm	»
13,25—15,65	»	Wasserführender Quarzkies	»
15,65—16,0	»	Kalkiger Ton	»

Bohrloch im Bomahofe[1]). (ca. + 12 m)

0—	8,7 m	Sand, von 6,8 m ab wenig Wasser führend	Pleistocän
8,7—	9,0 »	Etwas toniger Sand	»
9,0—	9,7 »	Sehr sandiger Lehm	»
9,7—	10,2 »	Wasserführender Sand	»
10,2—	11,5 »	Grünlicher Lehm	»
11,5—	15,0 »	Eisenschüssiger Lehm	»
15,0—	16,1 »	Eisenschüssiger, toniger Sand, schlammig	»
16,1—	19,5 »	Wasserführender Sand mit Kalkknollen	»
19,5—	? »	Sehr harter, sandiger Knollenkalk	»

Bohrloch I_4 in Daressalam am Hafen. (+ 10,6 m)

0—	10 m	Sande, z. T. kiesig, an der Basis wasserführend	Pleistocän
10—	10,3 »	Graugrüner, lehmiger Sand	»

Bohrloch II_1 in Daressalam am Hafen. (+ 10,6 m)

0—	9,3 m	Sande, mittelkörnig bis grob	Pleistocän
9,3—	9,4 »	Korallenkalk (älterer Riffkalk)	»

Bohrloch III_1 in Daressalam am Hafen. (+ 5,9 m)

0—	3,3 m	Sand	Pleistocän
3,3—	4,7 »	Lehmiger Sand	»
4,7—	5,5 »	Grünlicher Lehm	»
5,5—	6,2 »	Mürber, grobsandiger Kalk	»

Bohrloch IV_1 in Daressalam am Hafen. (+ 12,6 m)

0—	7 m	Sand	Pleistocän
7 —	9,3 »	Lehmiger Sand	»
9,3 —	11 »	Lehm mit mürbem, sandigem Kalk	»
11 —	12,75 »	Mittel- bis grobkörniger, kalkiger Sand	»

Bohrloch X_6 auf Kurasini. (+ 13,4)

0—	8 m	Mittelkörniger bis grober Sand mit einer 0,7 m mächtigen stark humosen Oberkrume	»

[1]) Nicht zu verwechseln mit der 162 m tiefen Bohrung, welche 1900 auf dem Platze hinter der Boma gestoßen wurde.

8 — 9	m	Lehmiger Sand	Pleistocän
9 —11	»	Sandiger, kalkiger Lehm	»
11 —14,2	»	Sand mit wenig Wasser	»
14,2—15	»	Grünlicher Lehm	»
15 —15,9	»	Toniger, bräunlicher Sand	»

Bohrloch XI_1 am Nordostufer von Kurasini. (+ 3,3 m)

0— 0,4	m	Humoser Sand mit Mangrovenwurzeln	Alluvium
0,4 — 1,3	»	Grünlicher Lehm mit mürbem, sandigem Kalk	Pleistocän
1,3 — 2,5	»	Mittelkörniger, kalkiger, wasserführender Sand	»
2,5 — 3,85	»	Lehm mit mürbem Sandkalk	»
3,85— 4,8	»	Kalkiger, schwach lehmiger Sand mit schwach salzigem Wasser	»
4,8 — 6,5	»	Lehm mit mürbem Sandkalk	»
6,5 — 8,5	»	Grober Sand mit wenig Wasser	»
8,5 — 9	»	Sand mit sandigem Knollenkalk	»
9 —11,5	»	Kalkiger Sand mit Knollen von sandigem Kalk, wasserführend	»
11,5 —12	»	Lehm mit weichem, sandigem Kalk	»
12 —13,3	»	Mittelgrober, kalkiger Sand mit brackigem Wasser	»

Bohrloch XII_5 auf Kurasini. (+ 14 m)

0— 6,7	m	Sand mit 0,7 m mächtiger humoser Oberkrume	Pleistocän
6,7— 8	»	Lehmiger Sand	»
8 —10,5	»	Lehm mit mürbem, sandigem Kalk	»

Zweiter Teil.

Zur Geologie und Hydrologie von Tanga.

Die Wasserverhältnisse von Tangá hat bereits O. Baumann in seinem Werke: Usambara und seine Nachbargebiete, 1891, S. 102, als den größten Mangel der Stadt bezeichnet. Bornhardt spricht (a. a. O. S. 427) von einem oberen Grundwasserhorizont mit geringer Ergiebigkeit und starker Abhängigkeit von den Niederschlägen, ferner von einem tieferen, bei 18—19 m gelegenen Hauptwasserhorizont, der bei starker Wasserentnahme auch nicht unerschöpflich sei. Als 1902 ein bei dem neuen Hospital abgeteufter Brunnen ungenießbares Salzwasser ergab, betraute der damalige Gouverneur Graf Götzen mich mit der Aufgabe, die Wasserverhältnisse von Tanga zu prüfen und Maßnahmen zu ihrer Besserung zu treffen.

Über die geologische Beschaffenheit des Bodens geben bei Tanga die Steilufer der Terrasse, auf welcher die Stadt liegt, und die der sog. Toten- oder Tanga-Insel den besten Aufschluß. Ein Unterschied gegenüber dem Daressalamer Boden fällt auch dem flüchtigen Besucher beider Plätze gewiß sofort auf, das ist das Zurücktreten des Sandes und das Überwiegen des roten Lehmbodens, und damit hängt wieder zusammen, daß die tropische Vegetation bei Tanga einen weit üppigeren Eindruck macht als bei Daressalam.

Sandboden treffen wir erst im W. der Stadt; im Steilufer beginnt er zwischen der alten Boma und dem Bezirksamt, wo er sich, wie an letzterem Punkte zu sehen ist, in der Hochwasserlinie auf einen fetten, graublauen Ton auflegt. Hier tritt an der Oberkante des Tons auch eine kleine Quelle aus. Sand erfüllt

auch die nordwestlich vom Bezirksamt folgende flache Mulde, in welcher ein Flachbrunnen das über dem undurchlässigen Untergrunde stehende Wasser ausnutzt. Bei dem Brunnen konnte ich mit dem 2 m-Bohrer wieder den fetten Ton feststellen. Jenseits der Senke wird ein sehr sandiger Lehm sichtbar, der aber nach dieser Seite keine größere Verbreitung erlangt, denn bei der Katholischen Mission und in den Pflanzungen der Eingeborenen überwiegt durchaus der tiefgründige Sandboden, und erst nach S. zu erbohrt man in weniger als 2 m Tiefe den Lehm. Dagegen weist von der alte Boma an ostwärts das Steilufer in der Hauptsache nur lehmige Bildungen auf, und zwar einen grünlichgrauen, sandigen Lehm, der oberflächlich infolge der tropischen Verwitterung zu Rotlehm umgewandelt ist. In ihm mögen unbedeutende wasserführende Sandschmitzen auftreten, da ein Brunnen an der Boma steht und etwa 100 Schritt südöstlich von der zum Strande führenden Bomatreppe Quellen austreten. Aber sowohl der Brunnen als auch die Quellen liefern Brackwasser.

Der Lehm ist mit Sicherheit noch im Steilufer bei der Faktorei der Deutsch-Ostafrikanischen Gesellschaft festzustellen und mag auch noch etwas weiter reichen, doch fehlen hier Aufschlüsse. Beachtenswert ist das Vorkommen von trinkbarem Wasser in mehreren Flachbrunnen dicht am Strande bei der Kalkbrennerei und am alten Hospital, die hauptsächlich den Eingeborenen das Wasser liefern. Die Ähnlichkeit der bis hierher geschilderten Sande und Lehme mit den von uns für fluviatil angesehenen Sanden und Lehmen bei Daressalam ist jedenfalls auffallend, und man wird sie unbedenklich als gleichartige Bildungen auffassen können, denn irgend welche Fossilreste oder ein Kalkgehalt konnten auch in ihnen nicht ermittelt werden.

Zwischen dem Eisenbahnverwaltungsgebäude und dem Bahneinschnitt erfährt das Steilufer eine sehr auffällige Unterbrechung durch eine mit Abrutsch- und Abschlemmmassen erfüllte Einbuchtung, auf welche ich noch weiter unten zurückkommen werde. An der Ostseite dieser Senke erhalten wir durch den etwa 400 m langen Einschnitt der Usambarabahn einen schönen Aufschluß, und zwar in marinen Schichten. Unmittelbar am Zollgebäude stehen

horizontal geschichtete Kalksandsteine bezw. sandige Kalke an, die namentlich reich an Foraminiferen sind, aber auch *Ostrea hyotis* L. und *Pecten porphyreus* Chemn. führen. Zwischen den Kalksandsteinbänken schalten sich gelegentlich noch mergelige Lagen ein, die massenhaft eine *Operculina* enthalten. Auf den angewitterten Flächen der sandigen Kalke nimmt man bisweilen sehr deutlich ihre Bildung aus ellipsoiden Konkretionen wahr, außerdem läßt sich mitunter eine Kreuzschichtung beobachten, die ja bei Flachseebildungen, wie sie hier vorliegen, nicht überraschen kann. Etwa von der Einmündung der Suahelistraße in die Ringstraße ab stellen sich im Einschnitt statt der Kalke und Kalksandsteinbänke Knauerkalke ein; sie endigen in dem stets ansteigenden Einschnitt etwa 50 m hinter der Brücke, über die der Weg von der Stadt zur Evangelischen Mission und zum neuen Hospital führt, unter einer Bedeckung von etwa 5 m grünlichgrauem Lehm. Außerhalb des Einschnittes bemerken wir nur Rotlehm, der in einer Mächtigkeit von mehreren Metern die Kalkschichten bedeckt und, nach den Ergebnissen unserer Bohrungen zu urteilen, aus mergeligen, wohl marinen Schichten eluvial hervorgegangen ist.

Das Steilufer vom Pier bis zum Ras Kasone, auf dem die Signalstation steht, zeigt durchweg bis über die Hochwasserlinie fossilreiche Knollenkalke in einer lehmigen Grundmasse. Wenn der Wellenschlag den Lehm ausgewaschen hat, haben diese Schichten ein löcheriges Aussehen. An der Oberfläche sind die Kalke zu Rotlehm verwittert. Solcher Lehm steht auf dem ganzen Wege vom Eisenbahneinschnitt bis zum neuen Hospital an, wie meine 2 Meter-Bohrungen ergaben. In dem Entwässerungsgraben, der diesen Weg bei der Evangelischen Mission ungefähr rechtwinklig kreuzt, waren die sandigen Knollenkalke bisweilen schon in 2 m unter Tage sichtbar, was also die oben ausgesprochene Ansicht von der eluvialen Natur der Lehme nur bestätigt. Von Fossilien lassen sich in den Knollenkalken des Steilufers die folgenden Molluskenarten häufig beobachten:

Ostrea hyotis L.
Ostrea denticulata Born.
Ostrea crista galli L.
Pecten Vasseli Fuchs
Pecten porphyreus Chemn.
Clementia papyracea Gray.

Dazu kommen noch häufig Reste von Echinodermen, Krabben und Einzelkorallen. Die Arten sind bis auf den *Pecten Vasseli* dieselben, wie sie sich etwa am Ras Upanga bei Daressalam finden. Die Bedeutung des ausgestorbenen *Pecten Vasseli* als Leitfossil für das ostafrikanische, marine Pleistocän habe ich an anderer Stelle hervorgehoben [1]).

Bemerkenswert ist, daß sich auf der ganzen Küstenstrecke von der Stadt an bis zum Ras Kasone keine Spur eines Riffkalks findet, während er im Steilufer der gegenüberliegenden Tangainsel bereits vorhanden ist. Einzellkorallen sind allerdings, wie oben erwähnt wurde, in dem sandigen Knollenkalke vorhanden, aber riffbildende Formen fehlen gänzlich.

An der Ostecke der Tanga-Insel haben wir folgendes Profil von unten auf:

Etwa 5 m horizontal geschichteten, mergeligen Sand, in dem sich nach oben hin in zunehmender Menge Kalkknollen einstellen, bis ein richtiger Knollenkalk entstanden ist;

bis zu 3 m mächtigen Riffkalk mit eluvialer Decke von rotem Ton; außer Korallen sind die massiven Schalen von riesigen Tridacnen in ihm gelegentlich zu sehen, sonst fand sich noch *Pecten pallium* L. in einem gut herausgewitterten Exemplar.

Ähnlich ist das Profil auch an der Südostseite der Insel. In den Knollenkalkschichten bezw. den mergeligen Sanden der Insel sammelte ich: *Ostrea hyotis* L., *Pecten porphyreus* Chemn., *Pecten Vasseli* Fuchs, diesen letzteren bisweilen in schön erhaltenen, zweiklappigen Stücken.

Der Riffkalk der Tanga-Insel entspricht ganz zweifellos dem-

---

[1]) Zeitschr. d. D. geolog. Ges. 1908, Monatsber. S. 326.

jenigen, welcher ausschließlich die Insel Ulenge vor Tanga zusammensetzt, und darf unbedenklich als ident mit dem älteren Riffkalk von Daressalam gelten. Daran ändert auch der Umstand nichts, daß auf der Tanga-Insel der Riffkalk über dem sandigen Knollenkalke liegt, nicht wie bei Daressalam unter ihm. Denn wenn wir von der Voraussetzung ausgehen, daß die sandigen Knollenkalke in der Hauptsache in der Lagune zwischen dem Saumriff und dem Festlande gebildet sind, zu Zeiten einer positiven Strandverschiebung, so ist es leicht verständlich, daß gelegentlich beim Nachlassen der Sedimentzufuhr vom Festlande die Riffkorallen Boden gewinnen, also die Lagunenbildungen überwachsen konnten. In diesem Lagerungsverhältnis von Riffkalk zu Knollenkalk möchte ich eine Verzahnung und damit einen weiteren Beweis für die Gleichaltrigkeit der beiden nur faciell verschiedenen Gebilde erblicken.

Für die Frage der Wasserversorgung von Tanga schien jene bereits oben erwähnte Einbuchtung des Steilufers am Zollhause einen bedeutsamen Fingerzeig zu geben (siehe Taf. 10). Zieht man nämlich in Betracht, daß diese Bucht nicht durch Oberflächenerosion entstanden sein kann, da die doch nur 60 m von ihrem Ende vorbeiführende Straße nicht durch die kleinste Unebenheit, geschweige denn durch eine Rinne ihr Vorhandensein verrät, sondern daß die Bucht an ihrem hinteren Ende sich ziemlich kurz im Halbkreise schließt, so bietet sich wieder keine andere Erklärung als die einer subterranen Erosion, über deren Wesen und Merkmale wir uns im vorigen Abschnitte bereits ausgelassen haben. Es war also anzunehmen, daß sich unter dieser Bucht ein kräftig strömendes Grundwasser zum Hafen bewegt, und daß man hier deshalb auch am ehesten Aussicht hatte, brauchbares Wasser anzutreffen. Die unter meiner Leitung angestellten Bohrungen haben diese Annahme auch bestätigt.

Die Bohrung A, welche an der Ecke der Suaheli- und Ringstraße, dicht am Bahneinschnitt in etwa + 15,4 m Seehöhe angesetzt wurde, ergab folgendes Profil:

von 0 — 5,5 m Rotlehm und Lehm,
» 5,5— 7,7 » kalkig-toniger Sand,
» 7,7—10 » sandige Knauerkalke,
» 10 —10,5 » tonig-kalkiger Sand,
» 10,5—11,8 » sandiger Knollenkalk,
» 11,8—12,5 » tonig-kalkiger Sand mit Kalkknauern und Foraminiferen,
» 12,5—20 » Knollenkalk mit Lehm,
» 20 —21,5 » grober Sand mit Kalkknollen und Foraminiferen — Salzwasser,
» 21,5—22,5 » kalkig-toniger Feinsand,
» 22,5—22,8 » Knollenkalk,
» 22,8—23 » fetter Ton mit Kalkknauern,
» 23 —30 » Kies und grober Sand mit dem Oberkiefereckzahn eines Flußpferdes[1]). Süßes Wasser.
» 30 —31 » feinsandiger Ton.

Das erbohrte Wasser stieg bis zu 10,8 m unter Tage auf- hatte eine Temperatur von $29^1/_3{}^0$ C und war allem Anscheine nach ein gutes Trink- und Gebrauchswasser. Eine nach Daressalam gesandte größere Probe wurde von Herrn SCHÖRNIG untersucht und lieferte folgenden Befund:

»Probe ist klar, farblos, geruchlos und von gutem Geschmack.
Rückstand: 800 mg pro Liter.
Oxydierbarkeit: d. h. Verbrauch an Kaliumpermanganat: 3 mg pro Liter.
Chlor: 190 mg pro Liter.
Schwefelsäure: 32,8 mg pro Liter.
Gesamthärte in deutschen Graden: 6,7.
Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure: nicht vorhanden.
Gegen die Verwendung des Wassers zu technischen, gewerblichen und Genußzwecken ist nichts einzuwenden.«

---

[1]) Eine spezifische Bestimmung des Zahnes ist nach freundlicher Auskunft des Herrn Landesgeologen Prof. Dr. SCHROEDER wegen der mangelhaften Erhaltung leider nicht möglich.

Die einen vollen Monat hindurch mit einer kleinen Handpumpe ausgeführten Pumpversuche ergaben eine durchschnittliche Absenkung von 1,13 m bei einer Entnahme von etwa 3 cbm pro Stunde. Da man bei einer artesischeu Wassersäule von etwa 19 m die Absenkung von 1,13 m unbedenklich um das Doppelte bis Dreifache und damit auch die Ergiebigkeit entsprechend steigern kann, so ist sehr wahrscheinlich, daß schon dieser eine Brunnen den Bedarf der 329 Europäer, die Tanga Anfang 1909 hatte, vollauf decken könnte, selbst wenn der tägliche Verbrauch pro Kopf zu 200 Liter Wasser angenommen würde.

Da für die Versorgung des neuen Hospitals der Brunnen ungünstig lag, so versuchte ich, an der zum Hospital führenden Straße, etwa 100 m landeinwärts von der ersten Bohrung, die unterirdische Fortsetzung des Grundwasserstroms zu fassen und ließ nacheinander im Abstande von 23 bezw. 23,6 m von der Suahelistraße nach der Brücke zu 3 Bohrungen in ungefähr 19,7 m Seehöhe niederbringen. Die Profile waren folgende:

Bohrung B.

0—12	m	Rotlehm und Lehm
12—18,5	»	kalkiger, toniger Sand
18,5—23,2	»	sandiger Knollenkalk
23,2—25,5	»	Ton
25,5—27,3	»	sandiger Knollenkalk
27,3—28	»	toniger Sand
28—30,8	»	grober Sand mit artesischem Wasser

Bohrung C.

0— 8,5	m	Rotlehm und Lehm
8,5—16	»	kalkiger, toniger Sand
16—22	»	sandiger Knollenkalk
22—23,5	»	toniger Sand
23,5—26,8	»	toniger Sand mit Kalkknollen
26,8—30,8	»	grober Sand und Kies mit artesisch. Wasser
30,8—32	»	Sand und Lehm (oder ?Gerölle von Lehm)
32—32,5	»	schwarzer Ton

Bohrung D.

0— 7,5	m	Rotlehm und Lehm
7,5—10	»	kalkiger, toniger Sand
10—10,5	»	Knollenkalk
10,5—15,3	»	feinsandiger Tonmergel
15,3—24,5	»	Knollenkalk mit kalkig-tonigem Feinsand
24,5—25,5	»	Lehm
25,5—25,8	»	Knollenkalk
25,8—26,5	»	Ton
26,5—30,6	»	grober Sand mit artesischem Wasser
30,6—31,3	»	Sand und Lehm (oder ?Gerölle von Lehm)
31,2—32	»	schwarzer Ton.

Die erbohrten Wässer stiegen bis ungefähr 14 m unter Flur auf. Nach dem Geschmack zu urteilen, war das Wasser der Bohrung C offenbar das salzärmste, und deshalb wurde von ihm eine größere Probe nach Daressalam zur näheren Prüfung gesandt. Herr SCHÖRNIG berichtete über den Befund folgendermaßen:

»Probe ist klar, geruchlos, von gutem Geschmack.
Rückstand 900 mg pro Liter.
Oxydierbarkeit, d. h. Verbrauch an Kaliumpermanganat: 7,5 mg pro Liter.
Chlor: 290 mg pro Liter.
Schwefelsäure: Spuren.
Härte in deutschen Graden: 8,4.
Ammoniak, Salpetersäure, salpetrige Säure: nicht vorhanden.
Nach dem Untersuchungsergebnis ist gegen die Verwendung des Wassers zu technischen, gewerblichen und Genußzwecken nichts einzuwenden.«

Die in den Bohrungen B und D erbohrten Wässer waren von deutlich salzigem Geschmack und konnten deshalb für Genußzwecke nicht in Betracht kommen. Da sie aber aus demselben Grundwasserträger stammen wie das von C, so hat man hier den klaren Nachweis einer noch nicht 46 m breiten Ader mit

Süßwasser inmitten von salzigem Wasser, also ganz ähnliche Verhältnisse wie bei Daressalam. Für die Praxis ergibt sich hieraus die Notwendigkeit, erst durch ausgedehnte Pumpversuche sich von der Ergiebigkeit und etwaigen Qualitätsänderung des Wassers zu überzeugen, ehe man Anstalten zu einer dauernden, größeren Entnahme aus derartigen, eng begrenzten Süßwasseradern trifft. Die von mir mit kleinen Handpumpen einen vollen Monat hindurch angestellten Versuche fanden gleichzeitig mit denen im Bohrloche A statt, so daß also an zwei Stellen aus demselben Grundwasserstrom geschöpft wurde. Es ergab sich im Bohrloch C eine Absenkung von nur rund 1 m bei einer Entnahme von etwa 3 cbm pro Stunde; nach dem Pumpen stellte sich der Wasserspiegel stets wieder auf ungefähr 14 m unter Tage ein. Da das Hospital einen erheblich geringeren Wasserbedarf hat, konnte dieser Brunnen unbedenklich zu seiner Versorgung herangezogen werden; das ist denn auch mittels einer Rohrleitung bald darauf geschehen.

Um die Fortsetzung des durch die Bohrungen A und C nachgewiesenen Süßwasserstroms landeinwärts noch weiter festzulegen, und um auf ihm vielleicht noch einen weiteren Brunnen, der zur vorläufigen Stadtversorgung dienen könnte, nieder zu bringen, wurden an der Kaiserstraße zwischen der Suaheli- und Massaistraße zwei nur 16 m von einander entfernte Bohrungen E und F gestoßen. Leider gerieten beide nicht mehr in den Bereich des süßen Wassers, denn ihr Wasser erwies sich als ebenso salzhaltig wie das von B oder D. Die Profile seien indes der Vollständigkeit halber hier mitgeteilt. Die Ansatzpunkte lagen in etwa + 20 m Seehöhe.

Bohrung E.

0	— 4,5 m	Rotlehm und Lehm
4,5	— 7 »	Knollenkalk
7	—10,5 »	gelber Lehm
10,5	—12,1 »	Lehm mit Kalkknauern
12,1	—14,6 »	kalkig-toniger Sand
14,6	—18,5 »	Knollenkalk

18,5—21	m	kalkig-toniger Sand
21 —24	»	Knollenkalk
24 —26,2	»	sandiger Tonmergel, unten mit Kalkknollen
26,2—30	»	grober Sand und Kies mit artesischem Wasser
30 — ?	»	blaugrauer, fetter Ton

Bohrung F.

0 — 3,5	m	Rotlehm und Lehm
3,5— 8,7	»	Lehm mit Knollenkalk
8,7—10	»	gelber Lehm
10 —12,3	»	Knollenkalk
12,3—15,5	»	kalkig, toniger Sand
15,5—25	»	Knollenkalk
25 —26	»	sandiger Tonmergel
26 —26,5	»	Knollenkalk
26,5—30	»	grober Sand mit artesischem Wasser
30 — ?	»	Sand mit ? Geröllen von Lehm

Aus den mitgeteilten Bohrprofilen scheint hervorzugehen, daß von Flur an marine Schichten vorliegen; denn man dürfte, da in Bohrung F beispielsweise der sicher marine Knollenkalk schon in 3,5 m Tiefe beginnt, berechtigt sein, den darüber lagernden Lehm und Rotlehm als Eluvialbildungen des Sandkalkes aufzufassen. Es würden also bei Tanga die pleistocänen Meeresbildungen bis zu + 20 m Seehöhe sicher anzunehmen sein. Es ist nun bemerkenswert, daß BORNHARDT (S. 426 a. a. O.) an den längs der Tangaküste verteilten Inseln und Riffen die gleiche Erhebung der Korallenkalke über dem heutigen Seespiegel feststellen konnte (der Ausdruck »rezente« Korallenkalke ist wohl nur versehentlich für subrezent gebraucht). Als fluviatile Einschaltungen in den marinen Schichten möchte ich aber die das artesische Wasser führenden groben Sande und Kiese ansehen, aus denen sich ja durch einen glücklichen Zufall der Zahn eines Flußpferdes mit dem Bohrer herausholen ließ. Dieser Fund ist allerdings kein vollgültiger Beweis für die fluviatile Natur der Sande, da das Flußpferd aus den Flüssen auch in das Seewasser hineingeht, aber bei dem Zusammenvorkommen von kalkfreien, fossilarmen Sanden und

Kiesen mit Resten des Flußpferdes wird man doch an eine Flußrinne mit kräftiger Strömung denken müssen. Für diese Annahme scheint auch der in den Bohrungen C und D im Liegenden des Sandes und Kieses angetroffene schwarze Ton zu sprechen, der gewissen Alluvialtonen des unteren Mkulumusi sehr ähnlich ist. Es sei auch daran erinnert, daß nach Wolff in der Tiefbohrung von Daressalam im Liegenden seiner oberen marinen Gruppe von etwa 41 m an (d. h. etwa — 29 m D. N.)[1]) eine brackische und eine Süßwasserbildung angetroffen wurden. Demnach gibt sich auch bei Tanga in der Überlagerung von brackischen bezw. Süßwasserbildungen durch marine Schichten ein Vordringen des Meeres wahrscheinlich infolge einer positiven Strandverschiebung kund, doch scheint unterdessen bei Tanga so wenig wie bei Daressalam der Absatz fluviatiler Sedimente gänzlich aufgehört zu haben; wenigstens erklärt sich so vielleicht das von Bornhardt (S. 427 a. a. O.) mitgeteilte 18 m mächtige Profil an der neuen Kaserne, in dem keine Kalke mehr, sondern nur lehmige und sandige Ablagerungen angetroffen wurden. In ähnlicher Weise wie bei Daressalam glauben wir auch bei Tanga gegen das Ende dieser Epoche eine Zunahme der fluviatilen sandigen Bildungen feststellen zu können, da, wie wir gesehen haben, im Westen der Stadt die fossilleeren und von uns als fluviatil gedeuteten Sande vorherrschen.

Ein Vergleich der Pleistocänschichten bei Daressalam uud Tanga zeigt also eine gute Übereinstimmung ihrer geologischen Geschichte. Wenn Bornhardt die Schichten von Tanga einschließlich der marinen Ablagerungen als »junge Deckschichten« bezeichnet und für jünger ansieht als die Mikindanischichten, welche in diskordanter Auflagerung bei Tanga auf dem älteren Untergrund vielfach zu beobachten sind (a. a. O. S. 425), so kann ich ihm hierin nicht folgen, weil mir diese Abtrennung bei Tanga noch künstlicher erscheint als bei Daressalam. Dazu kommt, daß durch die Auffindung von *Pecten Vasseli* Fuchs in den »jungen Deck-

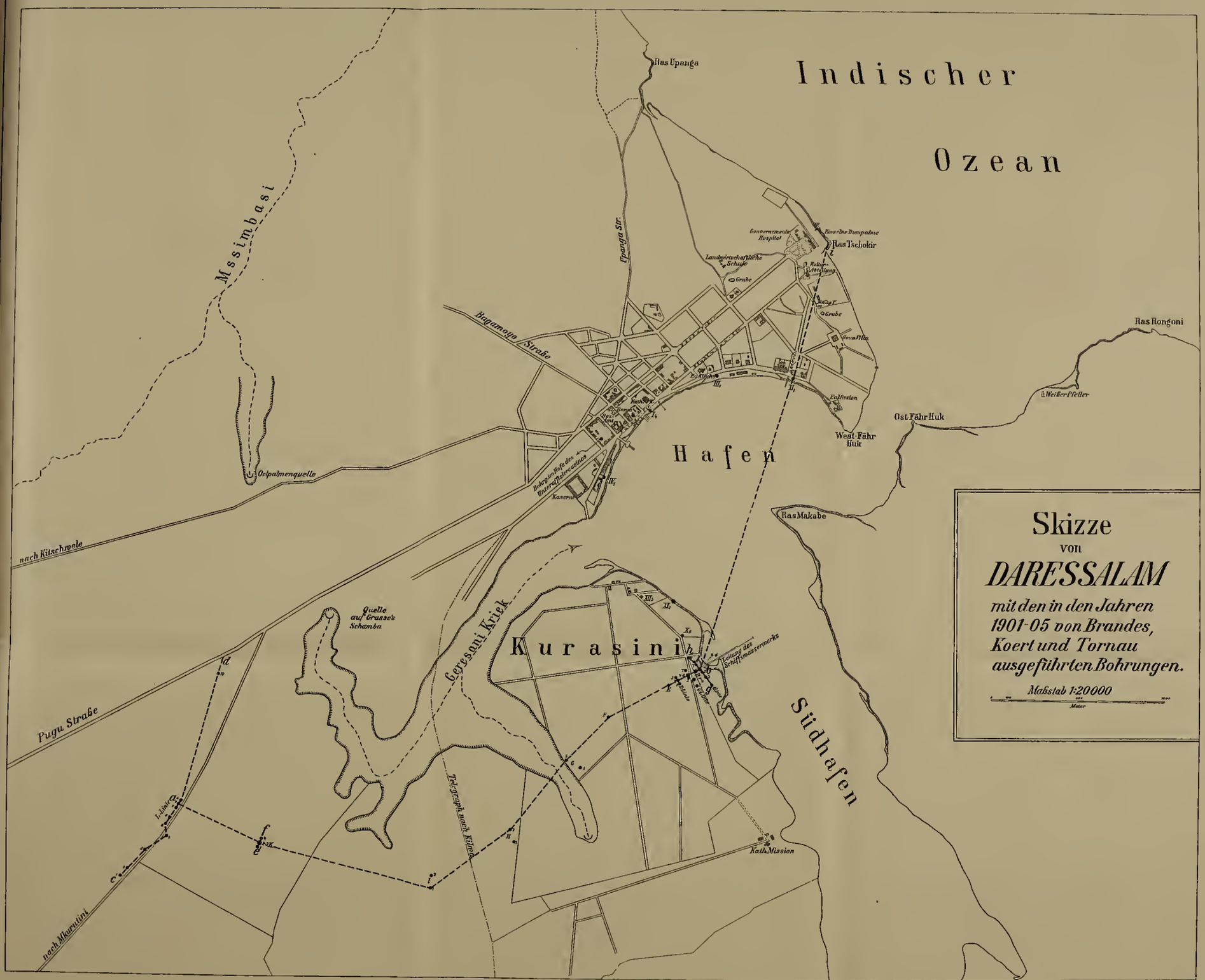
[1]) Die Angabe bei Wolff (a. a. O. S. 148), daß der Ansatzpunkt der Tiefbohrung auf kaum 5 m Meereshöhe zu schätzen sei, beruht auf einem Irrtum. Die Boma dürfte etwa + 12 m D. N. hoch liegen.

schichten« BORNHARDT's diese sich als pleistocän erweisen, mithin das gleiche Alter besitzen, wie es nach BORNHARDT selbst höchst wahrscheinlich den Mikindanischichten zukommt. Die Gründe, welche WERTH [1]) noch neuerdings für eine Abtrennung der »jungen Deckschichten« von den Mikindanischichten angeführt hat, sind bereits im ersten Teile dieser Arbeit von TORNAU und mir, wie wir glauben, zur Genüge widerlegt worden.

[1]) Zeitschr. d. D. Geol. Ges. 1909, Monatsber. S. 155.

21 MAR. 1911

BRITISH MUSEUM
G D
NATURAL HISTORY



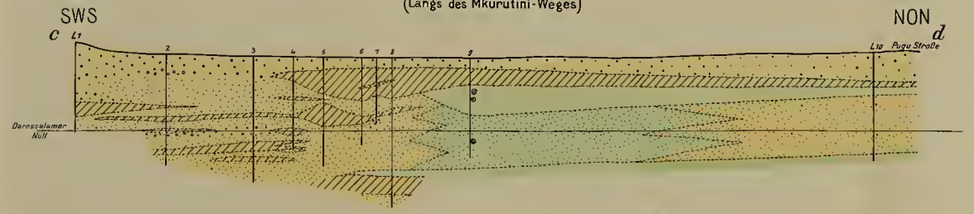
Photolith v Bogdan Gisevius, Berlin W Bulowstr 66

BRITISH MUSEUM
G D
NATURAL HISTORY

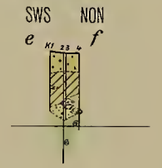
PROFIL I

PROFIL II

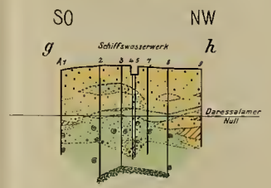
(Längs des Mkurutini-Weges)



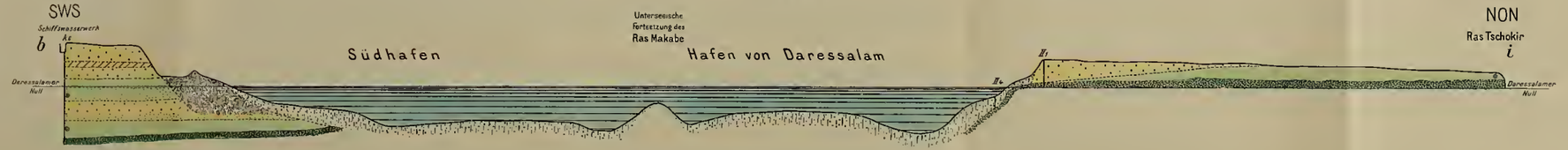
PROFIL III



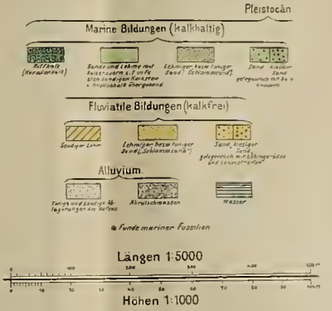
PROFIL IV



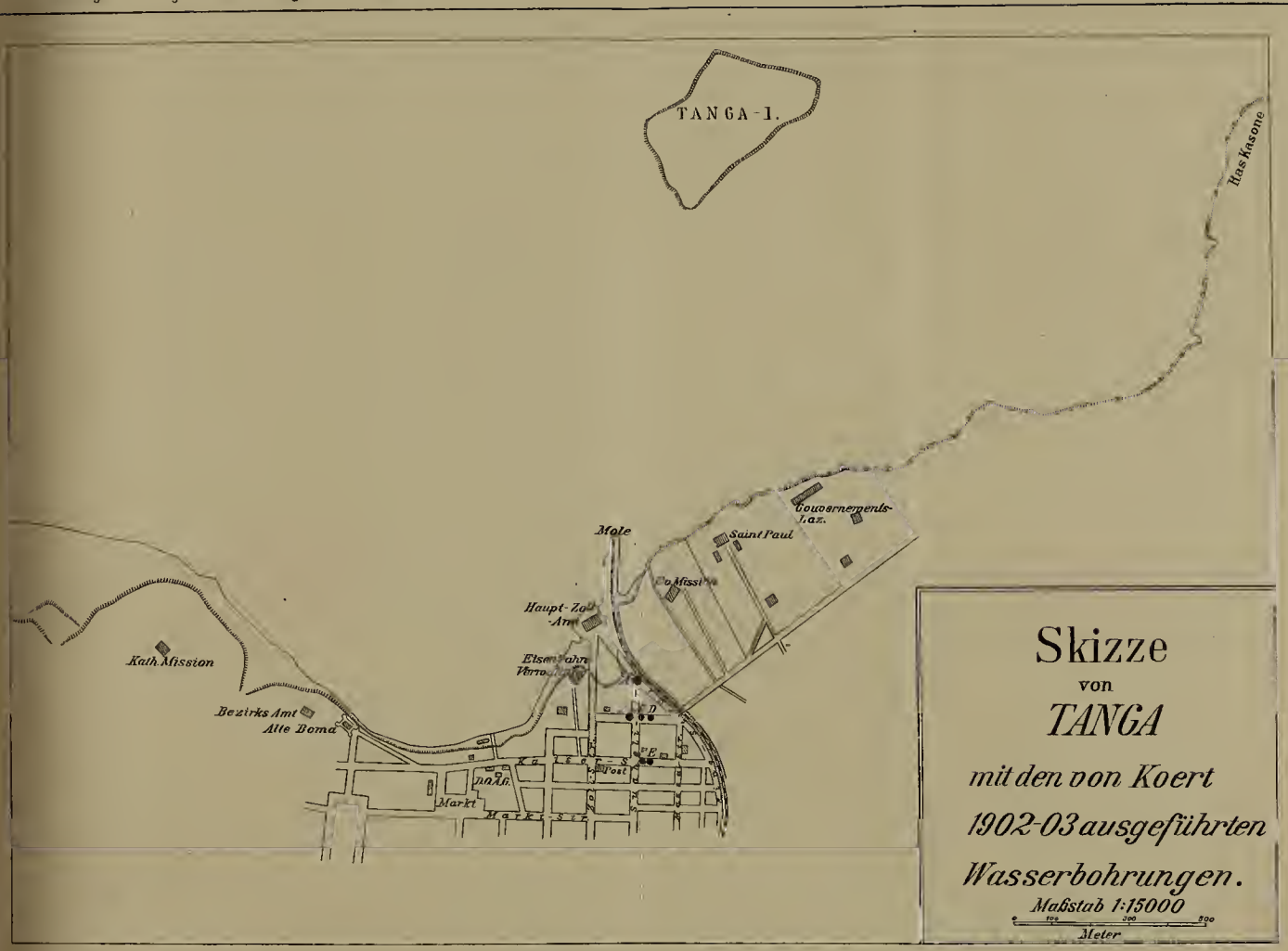
PROFIL V



Farben- und Zeichen-Erklärung



Durchlichtungsdruck: Berliner Lithographisches Institut Berlin N 65.

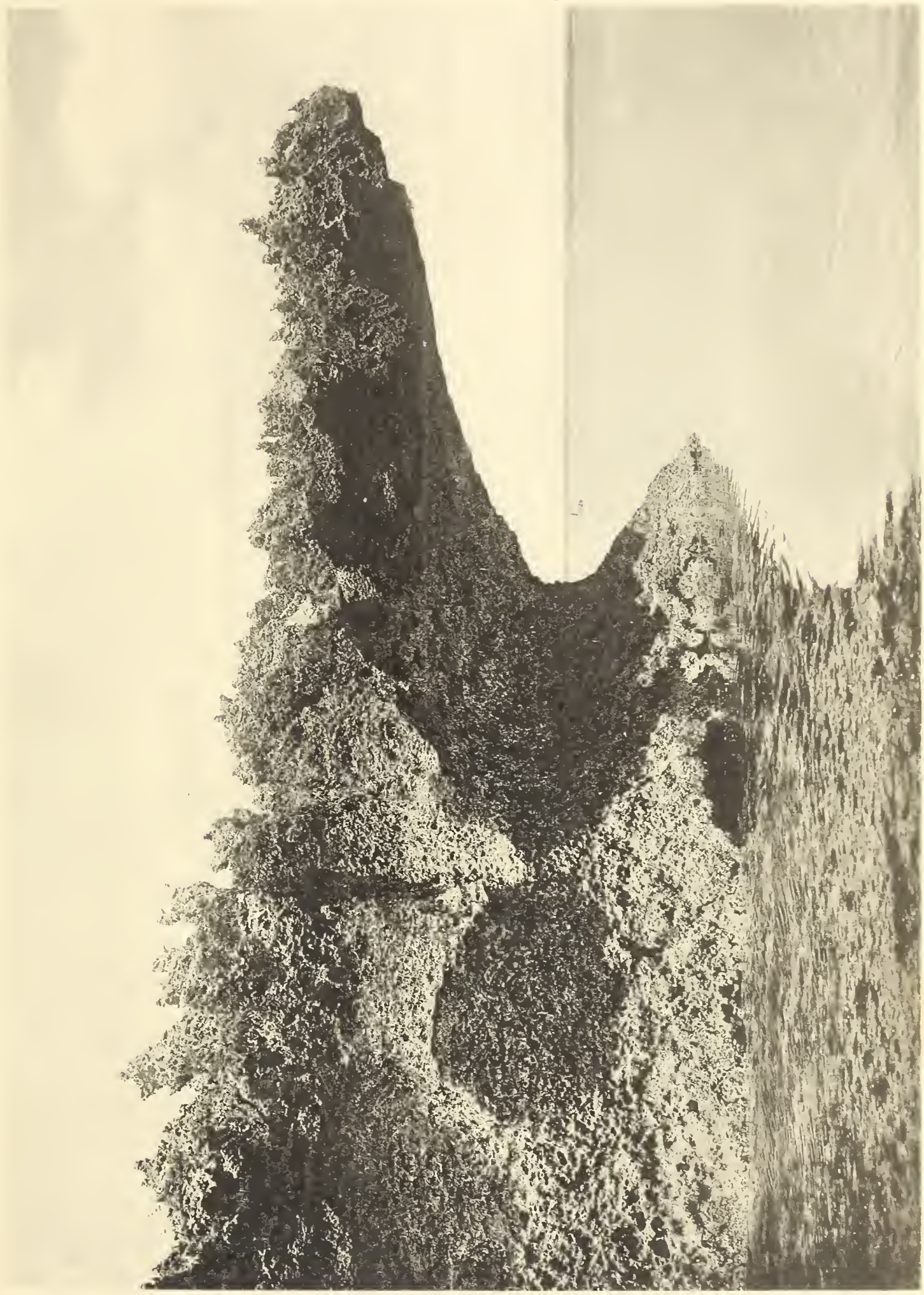


Photolith. v. Bogdan Gisevius, Berlin W Bülowstr. 66.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Tafel 4.

Älterer Riffkalk mit Brandungskehle und Korrosionserscheinungen. Klippe nordwestlich von der Leuchtturminsel bei Daressalam. Ansicht bei Niedrigwasser . . . S. 5



BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Tafel 5.

Fig. 1. Reste von älterem Riffkalk auf der Abrasionsterrasse, gesehen bei Niedrigwasser. Nordwestlich der Leuchtturminsel bei Daressalam . . . . . S. 5

Fig. 2. Gruppe von Resten des älteren Riffkalkes auf der Abrasionsterrasse, gesehen bei Niedrigwasser. Nordwestlich der Leuchtturminsel bei Daressalam S. 5

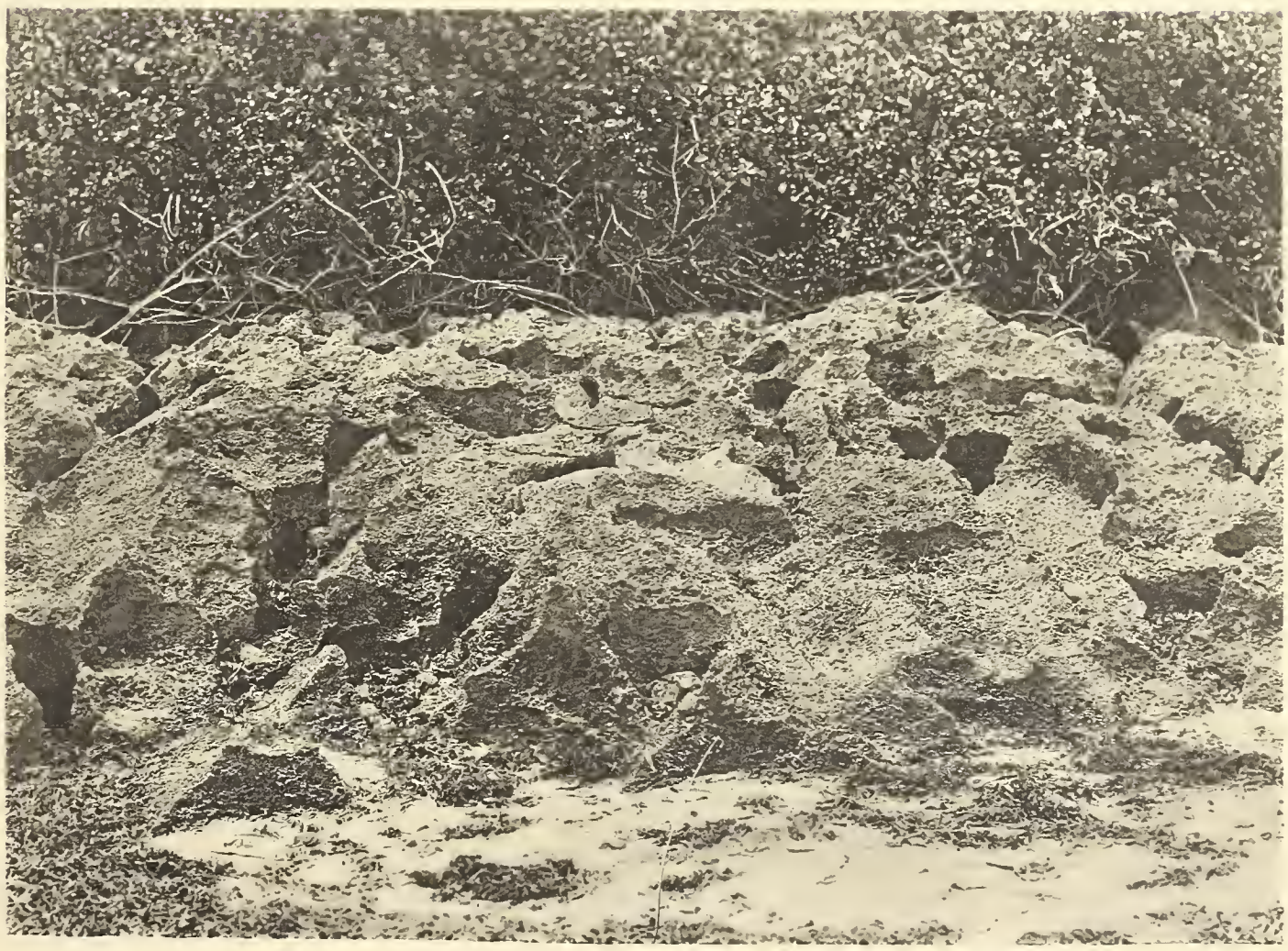
Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W 35.

BRITISH MUSEUM
G D
NATURAL HISTORY

Tafel 6.

Fig. 1. Sog. Ölpalmenquelle auf der Sultansschamba bei Daressalam. Austritt von Oberwasser am Ende einer durch subterrane Erosion entstandenen Schlucht . . . . . S. 30

Fig. 2. Korrodierte Oberfläche des rezenten Strandkonglomerats an der Leuchtturminsel bei Daressalam S. 5



Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W 35.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Tafel 7.

Im Vordergrunde Platten des abradierten älteren Riffkalkes, dahinter das Steilufer des Ras Tschokir bei Daressalam . . . . . S. 6

BRITISH MUSEUM
G D
NATURAL HISTORY

Tafel 8.

Steiluferprofil an der einzelnen Dumpalme am Ras Tschokir bei Daressalam. Der simsartige Vorsprung besteht aus der in einen horizontal geschichteten Kalksandstein übergehenden oberen Partie des älteren Riffkalks; er wird überlagert von Lehm (leicht kenntlich an den Regenfurchen) und wenig mächtigem Terrassensand . . S. 6

Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W 35.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

Tafel 9.

Fig. 1. Steiluferprofil am Ras Rongoni bei Daressalam. Sandige Knauerkalke mit Decke von eluvialem Rotlehm, am Fuße der Wand Abrasionsgrotten S. 13

Fig. 2. Hochwasserarm des Mkulumusi auf der Pflanzung Kiëmoni bei Tanga. Im Flußsand zahlreiche Gerölle von dunklem Alluvialton . . . . . S. 23

Fig. 3. Halbkreisförmige durch subterrane Erosion entstandene Bucht an der Ostseite von Kurasini bei Daressalam. Im Innern der Bucht Mangrovendickicht, der diesseitige Rand ist mit Agaven, der jenseitige mit Kokospalmen bestanden . . S. 32

Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W 35

BRITISH MUSEUM
G D
NATURAL HISTORY

Fig. 11. Blick von der Ostseite des Eisenbahneinschnittes in Tanga auf die Einbuchtung des Steilufers östlich vom Bahnverwaltungsgebäude.

Lichtdruck von Albert Frisch, Berlin W 35.

BRITISH MUSEUM
G D
NATURAL HISTORY

Buchdruckerei A. W. Schade, Berlin N., Schulzendorfer Straße 26.